

Aus der Arbeitsgruppe für  
Arbeits- und Umweltepidemiologie & NetTeaching  
(Leitung: Prof. Dr. Katja Radon, MSc)  
des Instituts und der Poliklinik für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin  
der Universität München

Direktor: Prof. Dr. med. Dennis Nowak

**Physikalische Noxen und ihre Auswirkungen auf die  
Gesundheit am Beispiel der Exposition gegenüber  
Umweltlärm**

Dissertation  
zum Erwerb des Doktorgrades der Humanbiologie  
an der Medizinischen Fakultät der  
Ludwig-Maximilians-Universität München

vorgelegt von

Tobias Weinmann  
aus München

2013

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät  
der Universität München

Berichterstatter:	Prof. Dr. Katja Radon, MSc Priv.-Doz. Dr. Robert Gürkov
Mitberichterstatter:	Prof. Dr. Günther F. Kerscher Prof. Dr. Markus Suckfüll
Mitbetreuung durch die promovierten Mitarbeiter:	Dr. Sabine Heinrich
Dekan:	Prof. Dr. med. Dr. h.c. M. Reiser, FACR, FRCR
Tag der mündlichen Prüfung:	28.03.2013

## **Inhaltsverzeichnis**

<b>Inhaltsverzeichnis</b>	<b>3</b>
<b>Zusammenfassung</b>	<b>4</b>
<b>Abstract</b>	<b>5</b>
<b>Exposition gegenüber Umweltlärm und Hypertonie</b>	<b>6</b>
Hintergrund	6
Methoden	6
Studienpopulation	6
Objektive Lärmexposition: Dosimetermessungen	7
Subjektive Lärmexposition: Lärmtagebuch	8
Blutdruckmessungen	8
Statistische Analyse	8
Ergebnisse	9
Deskriptive Ergebnisse	9
Objektive gemessene Lärmexposition	10
Lärmexposition und Bluthochdruck	11
Diskussion	13
<b>Pilotstudie zur Machbarkeit von Skype als Interview-Methode</b>	<b>14</b>
Hintergrund	14
Methoden	14
Ergebnisse	15
Diskussion	15
<b>Schlussfolgerung</b>	<b>16</b>
<b>Referenzen</b>	<b>17</b>
<b>Fachartikel</b>	<b>19</b>
Subjective and objective personal noise exposure and hypertension: an epidemiologic approach.	20
Objektive Bestimmung der 24-Stunden-Gesamtlärmbelastung: eine Querschnittsstudie in Bayern.	32
Testing Skype as an interview method in epidemiologic research: Response and feasibility.	40
<b>Anhang</b>	<b>52</b>
Danksagung	53
Lebenslauf	54



## **Zusammenfassung**

**Hintergrund:** Zahlreiche Studien weisen auf adverse Effekte für die Gesundheit durch Exposition gegenüber Umweltlärm hin. Limitation bisheriger Studien ist jedoch vor allem die teils unzureichende Erfassung der Exposition. Ziel war es daher, die Exposition der Teilnehmer gegenüber Umweltlärm mittels individueller Dosimetermessungen objektiv und summativ zu erfassen und Auswirkungen der Exposition auf den Blutdruck der Probanden zu untersuchen. Im Hinblick auf zukünftige Studien wurde in einer Pilotstudie geprüft, ob Videotelefonate via Skype ein geeignetes neues Erhebungsinstrument sind.

**Methoden:** 628 Kinder (Alter: 8-12 Jahre; Teilnahmebereitschaft: 61%), 632 Jugendliche (Alter: 13-17 Jahre; Teilnahmebereitschaft: 58%) und 482 Erwachsene (Alter: 18-65 Jahre; Teilnahmebereitschaft: 40%) aus vier bayerischen Städten nahmen an einer 24-stündigen Dosimetermessung zur objektiven Erfassung der individuellen Lärmexposition teil. Mittels logistischer Regressionsmodelle wurde ein möglicher Zusammenhang zwischen Lärmexposition und Hypertonie berechnet. Für die Pilotstudie zur Testung von Skype wurden 300 junge Erwachsene (Alter: 18-24 Jahre; Teilnahmebereitschaft 19%) aus Landsberg am Lech randomisiert zu einem Interview per Skype oder per Telefon eingeladen. Die Teilnahmebereitschaft und Dauer der Interviews wurde zwischen beiden Methoden verglichen.

**Ergebnisse:** Es zeigte sich eine sehr hohe Lärmexposition in allen Altersgruppen mit mittleren Schallpegeln am Tag von 80,0 dB(A) (Standardabweichung 5,8 dB(A)) bei den Kindern, 76,0 dB(A) (6,2 dB(A)) bei den Jugendlichen und 72,1 dB(A) (6,1 dB(A)) bei den Erwachsenen. Bei den Jugendlichen und Erwachsenen ergab sich zudem ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen der nächtlichen Lärmexposition und Hypertonie (Odds Ratio=1,49; 95% Konfidenzintervall=1,04-2,13). Im Rahmen der Pilotstudie nahmen statistisch signifikant weniger Probanden an einem Skype-Interview (10%) als an einem Telefon-Interview (22%) teil ( $p_{\text{Chi}^2} < 0,01$ ).

**Diskussion:** Die objektiv gemessene Exposition gegenüber Umweltlärm ist in den bayerischen Städten sehr hoch. Außerdem wurde ein Zusammenhang zwischen der Lärmexposition und dem kardiovaskulären System beobachtet. Eine genauere Ausdifferenzierung dieses Zusammenhangs beispielsweise unter Berücksichtigung des subjektiven Belästigungserlebnis oder besonderer Fokussierung nächtlicher Lärmexposition sollte in zukünftigen Studien vorgenommen werden. Videotelefonate via Skype sind hierbei noch kein geeignetes Erhebungsinstrument in Deutschland.

## **Abstract**

**Background:** Numerous studies indicate adverse health effects of exposure to environmental noise. However, insufficient exposure assessment is a major limitation of studies so far. Aims of these analyses were therefore to achieve an objective and summative assessment of study subjects' exposure to environmental noise using personal noise dosimeters and to investigate potential cardiovascular effects of noise exposure. With respect to future studies, a pilot study tested if videoconference calls via Skype are a feasible tool for data collection.

**Methods:** 628 children (age: 8-12 years; response: 61%), 632 adolescents (age: 13-17 years; response: 58%) and 482 adults (age: 18-65 years; response: 40%) from four Bavarian towns participated in a 24-h dosimeter measurement to objectively assess individual noise exposure. Logistic regression models were used to estimate the association between noise exposure and hypertension. For the pilot study, 300 young adults (age: 18-24 years; response: 19%) from Landsberg (Bavaria) were randomised and invited to take part in an interview via Skype or phone. Response and duration of interviews were compared between both methods.

**Results:** During daytime mean noise exposure was 80.0 dB(A) (standard deviation 5.8 dB(A)) in children, 76.0 dB(A) (6.2 dB(A)) in adolescents, and 72.1 dB(A) (6.1 dB(A)) in adults. In addition, a statistically significant association between night-time noise exposure and hypertension was observed in the group of adolescents and adults (Odds Ratio=1.49, 95% Confidence Interval=1.04–2.13). Regarding the pilot study, response was statistically significantly lower in Skype interviews (10%) compared to phone interviews (22%) ( $p_{\text{Chi}^2} < 0.01$ ).

**Discussion:** The objectively assessed noise exposure in Bavarian towns is high. Moreover, an association between noise exposure and hypertension was observed. More detailed investigation of this association for example considering subjective annoyance or especially focussing noise exposure during the night should be conducted in upcoming studies. In doing so, Skype calls are not yet a feasible tool for data collection in Germany.

## **Exposition gegenüber Umweltlärm und Hypertonie**

### **Hintergrund**

Umweltepidemiologie ist ein Teilbereich der Epidemiologie, der sich mit der Beschreibung und Analyse von physikalischen, chemischen und biologischen Faktoren in der Umwelt und ihren Auswirkungen auf die Entstehung und Verteilung von Krankheiten beschäftigt (The International Society for Environmental Epidemiology 2012). Einer dieser Umweltfaktoren ist die Exposition gegenüber Umweltlärm (WHO 1999). Forschung zu den gesundheitlichen Auswirkungen von Lärmexposition fokussiert auf kardiovaskulären Erkrankungen als Zielgröße, insbesondere aufgrund der hohen Prävalenz dieser Krankheiten in der Bevölkerung und ihrer damit verbundenen großen Bedeutung für die öffentliche Gesundheit (Babisch & Kamp 2009, WHO 2002). Auch erscheint ein Effekt aufgrund der Aktivierung des sympathischen und endokrinen Systems biologisch plausibel (Ising & Braun 2000). Allein in Deutschland haben bisher über 20 epidemiologische Studien gesundheitsrelevante Effekte von Lärm untersucht und klare Zusammenhänge zwischen Lärmexposition und kardiovaskulären Zielgrößen gefunden (Maschke 2011).

Eine wesentliche Limitation bisheriger Studien zu den chronischen Wirkungen von Lärm auf die Gesundheit ist jedoch die teilweise unzureichende Expositionserfassung wie zum Beispiel die isolierte Betrachtung nur einer Lärmquelle (Leon Bluhm et al. 2007, van Kempen et al. 2002). Die Umgebungslärmrichtlinie der Europäischen Union (2002/49/EG) fordert dagegen eine summative Betrachtung der verschiedenen Quellen des Umweltlärms.

Ziel der vorliegenden Studie war es daher, die Exposition der bayerischen Bevölkerung gegenüber Umweltlärm mittels individueller Messungen über 24 Stunden integrativ zu erfassen. Darüber hinaus sollte ein möglicher adverser Effekt der Lärmexposition auf den Blutdruck untersucht werden.

### **Methoden**

#### *Studienpopulation*

Die vorliegende Auswertung nutzte Daten, die im Rahmen der LEE-Studie (Radon et al. 2007) zwischen Februar 2005 und Juni 2006 in München, Freising, Grafing und Ebersberg

erhoben wurden. In die Studie wurden Kinder im Alter von 8-12 Jahren, Jugendliche im Alter von 13-17 Jahren und Erwachsene im Alter von 18-65 Jahren eingeschlossen. Die potentiellen Studienteilnehmer wurden zufällig von den zuständigen Einwohnermeldeämtern aus dem Melderegister gezogen und vom Institut für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin des Klinikums der Universität München schriftlich zur Studienteilnahme eingeladen. Für die Teilnahme minderjähriger Probanden musste eine erziehungsberechtigte Person ihr schriftliches Einverständnis geben. Personen, die nicht auf das Einladungsschreiben reagierten, erhielten bis zu zwei Erinnerungsschreiben. Wenn nach der zweiten schriftlichen Erinnerung noch keine Antwort vorlag, wurde versucht, die entsprechenden Personen telefonisch zu erreichen.

Insgesamt wurden 3336 Personen zur Studienteilnahme eingeladen, von denen 1742 zustimmten, an einer 24-stündigen Dosimetermessung und einer Befragung teilzunehmen. Aufgeteilt nach Altersgruppen waren dies 628 Kinder (Teilnahmebereitschaft 61%), 632 Jugendliche (Teilnahmebereitschaft 58%) und 482 Erwachsene (Teilnahmebereitschaft 40%).

#### *Objektive Lärmexposition: Dosimetermessungen*

Die individuelle Lärmexposition jedes Probanden wurde mit Hilfe des Dosimeters Spark 703 der Firma Larson Davis Inc. (USA) gemessen. Das Gerät hat einen Erkennungsbereich zwischen 40 dB(A) und 115 dB(A), die Schallpegel wurden im 5-Sekunden-Takt über 24 Stunden erfasst. Während der Messung trugen die Teilnehmer das Dosimeter am Gürtel bzw. Hosenbund und ein Mikrofon wurde am Kragen angebracht. In der Nacht wurden die Probanden angehalten, das Dosimeter auf ihren Nachttisch neben das Bett zu legen. Um die Schlafphase jedes Probanden zu ermitteln, wurde das individuelle Lärmprofil betrachtet, um die Phase festzustellen, während derer die Lärmexposition ein längeres Minimum ohne Peaks nach oben erreichte. Zusätzlich wurden die Teilnehmer gebeten, in einem Tagebuch festzuhalten, wann sie am Tag der Messung zu Bett gegangen waren. In die statistische Analyse wurden die mittlere individuelle Exposition während des Tages und die mittlere individuelle Exposition während der Nacht einbezogen.



### *Subjektive Lärmexposition: Lärmtagebuch*

Neben der Erfassung der objektiven Lärmexposition mittels Personendosimetrie wurde auch das durch Lärm verursachte subjektive Belästigungserleben der Probanden gemessen und in die Analyse mit einbezogen. Dabei wurde zwischen vermutlich „positiv“ wahrgenommenen Lärmquellen (z.B. Schallpegel in Restaurants oder Diskotheken) und „negativ“ empfundenen Quellen (z.B. Straßen-, Schienen- oder Flugverkehrslärm) unterschieden.

### *Blutdruckmessungen*

Der Blutdruck der Teilnehmer wurde an zwei verschiedenen Tagen mit einem automatischen Blutdruckmessgerät (OMRON M5-I) gemessen. Die Messungen wurden nach einer Ruhepause von fünf bis zehn Minuten nach Ankunft im Untersuchungszentrum vorgenommen. Für die weitere Auswertung wurde sowohl für den systolischen als auch den diastolischen Blutdruck jeweils der Mittelwert aus beiden Messungen errechnet. Jugendliche wurden als hyperten eingestuft, wenn der systolische Blutdruck über 140 mmHg oder der diastolische Blutdruck über 90 mmHg lag. Dies entspricht den international anerkannten Leitlinien (Deutsche Hochdruckliga 2009, Cifkova et al. 2003). Außerdem wurden die Probanden nach der Einnahme blutdrucksenkender Medikamente gefragt und im Falle einer positiven Antwort ebenfalls als hyperten eingestuft.

Was Kinder im Alter von zwölf Jahren oder jünger betrifft, empfehlen die internationalen Leitfäden Referenzwerte entsprechend des 95. Perzentils der altersspezifischen Verteilung (National High Blood Pressure Education Program Working Group on Hypertension Control in Children and Adolescents 1996). In der vorliegenden Studie wäre jedoch die Anzahl der Kinder, die entsprechend dieser Referenzwerte als hyperten gelten würden, zu gering gewesen, um statistische Analysen durchzuführen. Aus diesem Grund wurde das 75. Perzentil (118/72 mmHg) zur Klassifizierung der Hypertonie in dieser Altersgruppe gewählt.

### *Statistische Analyse*

Die Daten wurden zunächst deskriptiv mittels Mittelwerten und Standardabweichungen sowie absoluten und relativen Häufigkeiten ausgewertet. Diese Analysen wurden für das Gesamtkollektiv sowie stratifiziert nach Altersgruppe (Kinder, Jugendliche, Erwachsene), Untersuchungsort und Geschlecht durchgeführt. Für die Jugendlichen wurde zusätzlich die Schulbildung, für die Erwachsenen auch die Erwerbstätigkeit als möglicher Einflussfaktor auf

den mittleren Schallpegel untersucht. Unterschiede zwischen den Gruppen wurden mittels Varianzanalyse (ANOVA) mit dem post-hoc Test nach Scheffé getestet. Anschließend wurden multiple lineare Regressionsmodelle (für die Gesamtstichprobe sowie geschlechtsstratifiziert) durchgeführt.

Multiple logistische Regressionsmodelle wurden angewendet um den Zusammenhang zwischen Geschlecht (männlich/weiblich), Alter (kontinuierlich in Jahren), objektiver Lärmexposition tagsüber und nachts (hoch/niedrig), subjektiver Exposition gegenüber positiven/negativen Lärmquellen tagsüber sowie negativen Lärmquellen nachts (ja/nein) einerseits und Hypertonie (ja/nein) andererseits zu errechnen. Die Ergebnisse der logistischen Regression sind als Odds Ratios (OR) mit den entsprechenden 95% Konfidenzintervallen (95% KI) dargestellt. Da für die Gruppe der Kinder eine eigene Klassifizierung der Hypertonie vorgenommen wurde, wurden die Analysen stratifiziert für die Gruppe der Kinder und die der Jugendlichen und Erwachsenen gerechnet. Die logistischen Regressionsmodelle wurden zuerst für die gesamte Stichprobe und dann stratifiziert nach Geschlecht gerechnet.

## **Ergebnisse**

### *Deskriptive Ergebnisse*

Das durchschnittliche Alter der Studienteilnehmer lag bei den Kindern bei zehn Jahren, bei den Jugendlichen bei 15 Jahren und bei den Erwachsenen bei 42 Jahren. Hinsichtlich der Schulbildung gab bei den Jugendlichen und den Erwachsenen jeweils mehr als die Hälfte der Teilnehmer einen hohen Bildungsgrad (Fachoberschule oder Gymnasium) an, außerdem gingen die Erwachsenen mehrheitlich einer vollen Erwerbstätigkeit nach. In der Gruppe der Kinder besuchte die Mehrheit der Probanden noch die Grundschule. Tabelle 1 fasst die deskriptiven Charakteristika der Studienteilnehmer zusammen.

**Tabelle 1:**

Alter, Geschlecht und Schulbildung sowie Erwerbstätigkeit der Studienteilnehmer, getrennt nach Altersgruppen

		Kinder (N=628)	Jugendliche (N=632)	Erwachsene (N=482)
		Mittelwert (Standardabweichung)		
Alter	Jahre	10,0 (1,2)	15,0 (1,3)	42,4 (13,1)
		N (%)		
Geschlecht	Weiblich	300 (47,8%)	312 (49,4%)	260 (53,9%)
Schultyp / Schulbildung	Grundschule	348 (55,0%)	0	0
	Niedrige Schulbildung <sup>1</sup>	113 (18,1%)	303 (48,1%)	216 (45,8%)
	Hohe Schulbildung <sup>2</sup>	155 (24,8%)	327 (51,9%)	256 (54,2%)
Erwerbstätigkeit	Nicht erwerbstätig <sup>3</sup>	n.a.	596 (94,6%)	76 (16,7%)
	Teilzeit erwerbstätig <sup>4</sup> ( $<35$ h/Woche)	n.a.	34 (5,4%)	125 (27,5%)
	Voll erwerbstätig ( $\geq 35$ h/Woche)	n.a.	n.a.	254 (55,8%)

n.a. = nicht anwendbar; <sup>1</sup>Niedrige Schulbildung: Haupt- oder Realschule; <sup>2</sup>Hohe Schulbildung: Fachoberschule oder Gymnasium; <sup>3</sup>Nicht erwerbstätig: Schüler, Rentner, Hausfrauen, Elternzeit, Arbeitslosigkeit; <sup>4</sup>Teilzeit-Erwerbstätigkeit umfasst auch Auszubildende

### *Objektiv gemessene Lärmexposition*

Die mittlere Lärmexposition aller Studienteilnehmer lag tagsüber bei 76,3 dB(A) (Standardabweichung 6,7 dB(A)), während der Nacht wurden 43,3 dB(A) (6,8 dB(A)) gemessen. Bei Stratifizierung nach Altersgruppe ergab sich tagsüber ein statistisch signifikant höherer mittlerer Schallpegel für die Kinder (80,0 dB(A), 5,8dB(A)) und Jugendlichen (76,0 dB(A), 6,2 dB(A)) im Vergleich zu den Erwachsenen (72,1 dB(A), 6,1 dB(A)). Stratifiziert nach Wohnort zeigte sich tagsüber für die Teilnehmer aus München (75,0 dB(A), 7,0 dB(A)) eine statistisch signifikant niedrigere Exposition als für Teilnehmer mit Wohnort Ebersberg (77,2 dB(A), 6,2 dB(A)) und Grafing (77,2 dB(A), 7,2 dB(A)). In der Nacht

war der Schallpegel für Teilnehmer aus München höher als in den anderen Untersuchungsorten (44,1dB(A), 7,2 dB(A)).

In den multiplen linearen Regressionsmodellen bestätigte sich die Altersgruppe als stärkster Einflussfaktor auf die Lärmexposition ( $p < 0,001$ ). Der Schallpegel am Tag war bei den Kindern im Mittel um 7,4 dB(A) höher als in der Gruppe der Erwachsenen, bei den Jugendlichen waren es 3,8 dB(A). In Bezug auf den Faktor Wohnort lag der mittlere Schallpegel am Tag unter Berücksichtigung von Alter und Geschlecht für Teilnehmer aus Ebersberg und Grafing um 2,0 dB(A) bzw. 2,4 dB(A) über dem Schallpegel der Münchner Teilnehmer. In der Nacht war die mittlere Exposition in Freising und Ebersberg um 1,3 dB(A) bzw. 1,1 dB(A) niedriger als in München.

Die Faktoren Geschlecht, Schulbildung und Erwerbstätigkeit lieferten nur eine sehr begrenzte Erklärung für die Streuung der mittleren Schallpegel.

#### *Lärmexposition und Bluthochdruck*

Bei den Kindern zeigte sich ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen Alter und Hypertonie (OR 1,28; 95% KI 1,11–1,48), nicht jedoch zwischen objektiver oder subjektiver Lärmexposition und Hypertonie (Tabelle 2). Dagegen konnte in der Gruppe der Jugendlichen und Erwachsenen ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen objektiver Lärmexposition nachts und Hypertonie beobachtet werden (OR 1,49; 95% KI 1,04–2,13) (Tabelle 3). Bei der geschlechtsstratifizierten Betrachtung zeigte sich dieser Effekt nur in der Gruppe der männlichen Probanden (OR 1,85; 95% KI 1,12–2,93). Da die Konfidenzintervalle für Männer und Frauen jedoch weit überlappen, ist nicht von einer Effektmodifikation durch Geschlecht auszugehen. Alter (OR 1,07; 95% KI 1,06–1,08) und Geschlecht (OR 3,78; 95% KI 2,58–5,53) waren ebenfalls statistisch signifikant mit Hypertonie verbunden. Weder für die objektive Lärmexposition tagsüber noch für subjektive Lärmexposition nachts konnten in dieser Altersgruppe statistisch signifikante Zusammenhänge festgestellt werden. Jedoch zeigte sich hinsichtlich der subjektiven Lärmexposition tagsüber ein Trend, dass negative Lärmquellen das Risiko für Hypertonie erhöhten (OR 1,30; 9% KI 0,88–1,97) während positive Quellen zu einem inversen Zusammenhang mit Hypertonie neigten (OR 0,77; 95% KI 0,52–1,14).

**Tabelle 2:**

Zusammenhang zwischen den Prädiktoren und der Zielgröße Hypertonie in der Gruppe der Kinder

Prädiktor	Gesamte Stichprobe (N=628)		Jungen (N=328)		Mädchen (N=300)	
	OR	95% KI	OR	95% KI	OR	95% KI
Geschlecht	1,40	0,97-2,00	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Alter	<b>1,28</b>	<b>1,11-1,48</b>	<b>1,45</b>	<b>1,18-1,78</b>	1,12	0,90-1,39
Lärmexposition (Tag)	0,93	0,64-1,35	0,66	0,40-1,11	1,30	0,76-2,23
Lärmexposition (Nacht)	0,88	0,62-1,25	0,67	0,41-1,10	1,06	0,63-1,79
Positive Belästigung (Tag)	1,01	0,68-1,49	0,97	0,56-1,67	1,10	0,60-1,87
Negative Belästigung (Tag)	0,96	0,65-1,42	1,20	0,68-2,00	0,74	0,42-1,32
Negative Belästigung (Nacht)	0,99	0,60-1,62	0,74	0,37-1,51	1,37	0,67-2,79

OR: Odds Ratio, 95% KI: Konfidenzintervall, n.a: nicht anwendbar

**Tabelle 3:**

Zusammenhang zwischen den Prädiktoren und der Zielgröße Hypertonie in der Gruppe der Jugendlichen und Erwachsenen

Prädiktor	Gesamte Stichprobe (N=1114)		Männer (N=542)		Frauen (N=572)	
	OR	95% KI	OR	95% KI	OR	95% KI
Geschlecht	<b>3,78</b>	<b>2,58-5,53</b>	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Alter	<b>1,07</b>	<b>1,06-1,08</b>	<b>1,06</b>	<b>1,05-1,08</b>	<b>1,09</b>	<b>1,07-1,11</b>
Lärmexposition (Tag)	0,94	0,65-1,36	0,75	0,47-1,21	1,20	0,65-2,20
Lärmexposition (Nacht)	<b>1,49</b>	<b>1,04-2,13</b>	<b>1,85</b>	<b>1,12-2,93</b>	0,99	0,54-1,79
Positive Belästigung (Tag)	0,77	0,52-1,14	0,65	0,40-1,06	1,14	0,57-2,23
Negative Belästigung (Tag)	1,30	0,88-1,97	1,21	0,72-2,04	1,53	0,76-3,10
Negative Belästigung (Nacht)	0,96	0,62-1,50	0,85	0,48-1,51	1,13	0,55-2,30

OR: Odds Ratio, 95% KI: Konfidenzintervall, n.a: nicht anwendbar

## Diskussion

Generell stellte die Auswertung eine hohe Exposition der Studienteilnehmer, besonders der Kinder, gegenüber Umweltlärm fest. Die Ursache für den hohen Schallpegel am Tag bei den Kindern ist möglicherweise vor allem selbst verursachter Lärm. Bei genauerer Betrachtung der Exposition in den einzelnen Untersuchungsorten ergab sich tagsüber der höchste Schallpegel bei den Probanden aus den kleineren Städten Ebersberg und Grafing. Dieser Unterschied könnte möglicherweise mit längeren Aufenthaltszeiten der Bewohner der kleineren Städte im Straßen- oder Schienenverkehr erklärt werden. So stellte die bisher einzige andere epidemiologische Studie zu Umweltlärm in der die Exposition mit Dosimetern erfasst wurde die höchsten Schallpegel im Straßenverkehr fest (Neitzel et al. 2004). Die höchste nächtliche Exposition wurde hingegen in der Großstadt München gemessen.

Hinsichtlich gesundheitsschädigender Effekte der Exposition gegenüber Umweltlärm zeigte sich ein statistisch signifikanter Zusammenhang besonders zwischen nächtlichem Lärm und Hypertonie in der Gruppe der Jugendlichen und Erwachsenen. Dies liefert zum einen weitere Evidenz für eine Auswirkung von Lärm auf das kardiovaskuläre System und unterstützt zum anderen die Annahme, dass nächtlicher Lärm besonders schädlich ist (Jarup et al. 2008, Niemann & Maschke 2004).

Bezüglich der subjektiv erlebten Lärmbelästigung zeigte sich ein Trend, dass Jugendliche und Erwachsene, die positive Quellen von Lärm berichteten, ein verringertes Risiko für Hypertonie hatten, während negative Quellen das Risiko tendenziell erhöhten. Auch wenn dieser Effekt nicht statistisch signifikant war, kann er dennoch als Hinweis für einen möglichen Zusammenhang zwischen subjektiver Lärmbelästigung und Hypertonie gesehen werden. Generell könnten Unterschiede zwischen objektiver und subjektiver Lärmexposition eine wichtige Rolle für die Verbindung zwischen Umweltlärm und kardiovaskulären Erkrankungen spielen und sollten in Zukunft neben weiteren Aspekten wie zum Beispiel möglichen Interaktionen zwischen Lärmexposition und Luftverschmutzung näher erforscht werden (Maschke 2011).

Eine besondere Herausforderung hierbei ist, eine ausreichende Zahl an Studienteilnehmern zu rekrutieren, um repräsentative und aussagekräftige Ergebnisse zu erhalten. So erklärten sich in der vorliegenden Studie beispielsweise nur 40% der eingeladenen Erwachsenen zu einer Teilnahme bereit. Da die Bereitschaft in der Bevölkerung an epidemiologischen Studien teilzunehmen generell konstant sinkt (Galea & Tracy 2007) sollten alternative Rekrutierungs-

und Erhebungsmethoden in Erwägung gezogen werden, wie zum Beispiel Internet-basierte Instrumente (Touvier et al. 2010, Rhodes et al. 2003). Die Durchführbarkeit eines solchen Online-Instruments für epidemiologische Forschung in Deutschland sollte daher in einer zusätzlichen Studie geprüft werden.

## **Pilotstudie zur Machbarkeit von Skype als Interview-Methode**

### **Hintergrund**

Online-basierte Instrumente gewinnen als Mittel zur Kommunikation mit Studienteilnehmern zunehmend an Bedeutung (Couper 2007). Eines dieser Instrumente sind Videotelefonate, die eine kostengünstige Alternative zu persönlichen Interviews darstellen können und daher in verschiedenen gesundheitsbezogenen Bereichen wie zum Beispiel der medizinischen Diagnostik oder der Supervision medizinischer Verfahren angewendet werden (Sedgwick & Spiers 2009). Obwohl die Software „Skype“ die am weitesten verbreitete webbasierte Methode für Videotelefonate ist (De Cicco et al. 2011) wurde sie unseres Wissens bisher noch nicht im Rahmen der epidemiologischen Forschung eingesetzt. Deshalb sollte mittels einer Pilotstudie getestet werden, ob Videotelefonate via Skype eine praktikable Interview-Methode für epidemiologische Studien in Deutschland sind. Diese Fragestellung sollte im Besonderen auch hinsichtlich der MOBI-KIDS-Studie (<http://www.mbkds.com>) und anderen landesweiten Studien geklärt werden, da in solchen Untersuchungen aufgrund logistischer und finanzieller Gründe nicht alle Probanden persönlich interviewt werden können, so dass eine optimale alternative Interviewmethode äußerst wichtig ist.

### **Methoden**

Es wurde eine bevölkerungsbezogene Querschnittsstudie zwischen Mai und September 2011 in Landsberg am Lech durchgeführt. Zu diesem Zweck wurden 300 zufällig vom Einwohnermeldeamt der Stadt Landsberg gezogene Personen im Alter zwischen 18 und 24 Jahren angeschrieben und zur Teilnahme an der Pilotstudie eingeladen. Die eine Hälfte der Probanden wurde zu einem Interview via Skype („Skype-Gruppe“), die andere Hälfte wurde zu einem telefonischen Interview eingeladen („Telefon-Gruppe“). In allen Interviews kam die deutsche Version des für die MOBI-KIDS-Studie entwickelten Fragebogens zum Einsatz. Bis

zu zwei Erinnerungsschreiben wurden an Personen geschickt, die nicht auf das Einladungsschreiben reagierten.

Um beide Methoden (Skype-Interview und Telefon-Interview) hinsichtlich ihrer Durchführbarkeit zu vergleichen, wurden die Teilnahmebereitschaft und die Dauer der Interviews analysiert.

## **Ergebnisse**

15 potentielle Probanden konnten unter der vom Einwohnermeldeamt angegebenen Adresse nicht erreicht werden, so dass 285 Personen (144 in der Skype-Gruppe, 141 in der Telefon-Gruppe) eingeladen werden konnten. Von diesen stimmten insgesamt 54 Probanden (19%) einer Studienteilnahme zu. In der Gruppe der zu einem telefonischen Interview eingeladenen Personen nahmen 31 (22%) teil. In der Gruppe der Skype-Kandidaten stimmten 23 Personen (16%) zu, von denen jedoch acht um ein telefonisches Interview baten, so dass die Netto-Teilnahmebereitschaft in dieser Gruppe 10% betrug ( $p_{\text{Chi}^2} < 0,01$  im Vergleich zur Telefon-Gruppe).

Alle Skype-Interviews konnten ohne technische Probleme geführt werden, die durchschnittliche Dauer der Interviews war zwischen beiden Gruppen vergleichbar (Skype: Mittelwert (MW) 34 Minuten, Range 31 Minuten - 68 Minuten; Telefon: MW 37 Minuten, Range 28 Minuten - 17 Minuten;  $p_{\text{Mann-Whitney-U-test}} = 0,57$ ).

## **Diskussion**

Insgesamt nahmen nur sehr wenige der eingeladenen jungen Erwachsenen an der Pilotstudie teil, was die Aussagekraft der Studie sehr einschränkt. Allerdings war die Teilnahmebereitschaft bei den Personen, die zu einem Skype-Interview eingeladen wurden, noch deutlich und statistisch signifikant schlechter als bei den Telefon-Kandidaten. Daher sind Videotelefonate mittels Skype im Moment noch keine praktikable Interview-Methode für epidemiologische Forschung in Deutschland. Die insgesamt geringe Teilnahmebereitschaft könnte daran liegen, dass den Eingeladenen bekannt war, dass es sich „nur“ um eine Pilotstudie handelte.



## **Schlussfolgerung**

Die vorliegende Analyse stellte neben einer allgemein hohen Exposition gegenüber Umweltlärm in bayerischen Städten einen statistisch signifikanten Zusammenhang zwischen Lärmexposition während der Nacht und Hypertonie bei Jugendlichen und Erwachsenen fest. Insgesamt konnte somit weitere Evidenz für einen Zusammenhang zwischen Umweltlärm und Auswirkungen auf das kardiovaskuläre System gefunden werden. Zudem liefern die Ergebnisse Hinweise darauf, dass Lärmexposition während der Nacht besonders schädlich für die Gesundheit ist.

Eine genaue Ausdifferenzierung zwischen Lärmexposition am Tag und in der Nacht oder zwischen positiv und negativ wahrgenommenen Lärmquellen sind interessante Fragestellungen für zukünftige Studien. Auf diese Weise könnte der Zusammenhang zwischen Umweltlärm und dem kardiovaskulären System noch detaillierter erforscht werden.

Eine der wesentlichen Herausforderungen für künftige Studien wird es sein, ausreichend große und repräsentative Stichproben zu rekrutieren. Hierbei können Internet-basierte Instrumente eine wichtige Rolle spielen. Die Durchführbarkeit eines solchen Instruments, Videotelefonaten via Skype, konnten wir nicht zeigen. Weitere mögliche Optionen für zukünftige Studien können beispielsweise Internet-basierte Fragebögen oder die Rekrutierung von Studienteilnehmern mit Hilfe sozialer Netzwerke sein.

## Referenzen

Babisch W, Kamp I. Exposure-response relationship of the association between aircraft noise and the risk of hypertension. *Noise & Health* 2009; 11(44):161-8.

Cifkova R et al. Practice guidelines for primary care physicians: 2003 ESH/ESC hypertension guidelines. *J Hypertens* 2003; 21(10):1779–1786.

Couper MP. Issues of representation in eHealth research (with a focus on web surveys). *Am J Prev Med* 2007; 32(5 Suppl):S83-9.

De Cicco L, Mascolo S, Palmisano V. Skype Video congestion control: An experimental investigation. *Comput Netw* 2011; 55: 558–571.

Deutsche Hochdruckliga. Leitlinien zur Behandlung der arteriellen Hypertonie. *Nieren- und Hochdruckkrankheiten* 2009; 38(4):137–188.

Galea S, Tracy M. Participation rates in epidemiologic studies. *Ann Epidemiol* 2007; 17(9):643-53.

Ising H, Braun C. Acute and chronic endocrine effects of noise: review of the research conducted at the institute for water, soil and air hygiene. *Noise & Health* 2000; 2(7):7–24.

Jarup L, Babisch W, Houthuijs D et al. Hypertension and exposure to noise near airports: the HYENA study. *Environ Health Perspect* 2008; 116(3):329–333.

Leon Bluhm G, Berglind N, Nordling E et al. Road traffic noise and hypertension. *Occup Environ Med* 2007; 64(2):122–126.

Maschke C. Cardiovascular effects of environmental noise: research in Germany. *Noise & Health* May-June 2011; 13(52):205-11.

National High Blood Pressure Education Program Working Group on Hypertension Control in Children and Adolescents. Update on the 1987 task force report on high blood pressure in children and adolescents: a working group report from the national high blood pressure education program. *Pediatrics* 1996; 98 (4 Pt 1):649–658.

Neitzel R , Seixas N , Olson J et al. Nonoccupational noise: exposure associated with routine activities. Journal of the Acoustical Society of America 2004; 63(9): 632 – 639.

Niemann H, Maschke M. WHO LARES Final report. Noise effects and morbidity. Geneva: World Health Organization; 2004.

Radon K, Spegel H, Ehrenstein V et al. Erfassung der täglichen Lärmexposition und die Korrelation zum individuellen Gesundheitsstatus. LEE–Lärm: Exposition und Befinden. 2007. Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit, Erlangen

Rhodes SD, Bowie DA, Hergenrather KC. Collecting behavioural data using the world wide web: considerations for researchers. J Epidemiol Community Health 2003; 57(1):68-73.

Sedgwick M, Spiers J. The use of videoconferencing as a medium for the qualitative interview. Int J Qual Meth 2009; 8(1): 1-11.

The International Society for Environmental Epidemiology. Ethics guidelines for environmental epidemiologists. ISEE; Revised April 2012. Available from: [http://www.iseepi.org/About/Docs/ethics\\_guidelines\\_adopied\\_april\\_25\\_2012.pdf](http://www.iseepi.org/About/Docs/ethics_guidelines_adopied_april_25_2012.pdf)

Touvier M, Mejean C, Kesse-Guyot E, et al. Comparison between web-based and paper versions of a self-administered anthropometric questionnaire. Eur J Epidemiol 2010; 25(5):287-96.

Van Kempen EE, Kruize H, Boshuizen HC et al. The association between noise exposure and blood pressure and ischemic heart disease: a meta-analysis. Environ Health Perspect 2002; 110(3): 307–317.

WHO The world health report 2002. Geneva: World Health Organization; 2002.

WHO Guidelines for Community Noise. Edited by Berglund B, Lindvall T, Schwela DH. Geneva: World Health Organization; 1999.

## **Fachartikel**

**Subjective and objective personal noise exposure and hypertension: an epidemiologic approach.**

Weinmann T, Ehrenstein V, von Kries R, Nowak D, Radon K.

Int Arch Occup Environ Health. 2012 ; 85(4):363-71. Epub 2011 Jul 15.



# Subjective and objective personal noise exposure and hypertension: an epidemiologic approach

Tobias Weinmann · Vera Ehrenstein ·  
Rüdiger von Kries · Dennis Nowak · Katja Radon

Received: 9 February 2011 / Accepted: 1 July 2011 / Published online: 15 July 2011  
© Springer-Verlag 2011

## Abstract

**Objectives** Evidence for an association between chronic noise exposure and hypertension has been observed in several studies but suffers from limitations like crude exposure assessment. In this analysis, an association between noise exposure and hypertension was investigated using personal noise dosimeters.

**Methods** Study population included 628 children (8–12 years of age), 632 adolescents (13–17 years of age) and 482 adults (18–65 years of age). Response was highest in children (61%) followed by adolescents (58%) and adults (40%). Noise exposure was assessed using personal dosimeter measurements over 24 h. In addition, subjective assessment of “positive” and “negative” experienced noise was recorded using a “noise diary”. Estimates of association between noise and hypertension were obtained by logistic regression analysis, stratifying for age group and adjusting for sex.

**Results** A statistically significant association between night-time noise exposure and hypertension was observed in the group of adolescents and adults (OR = 1.49, 95% CI = 1.04–2.13). Regarding subjective exposure, a non-significant trend was seen in this age group between negative noise annoyance during daytime and hypertension. For children, neither a statistically significant association between objective nor subjective exposure and hypertension could be observed.

**Conclusions** Using objective personal measurements, an association between noise exposure, particularly during night-time, and hypertension could be detected among adolescents and adults. Differentiating between night-time and daytime exposure and considering subjective annoyance through presumably “positive” versus “negative” experienced noise can be important aspects in future studies. Moreover, dosimeter measurements over longer periods of time could be carried out to obtain an even better exposure assessment.

---

T. Weinmann (✉) · K. Radon  
Unit for Occupational and Environmental Epidemiology  
and NetTeaching, Institute and Outpatient Clinic for Occupational,  
Social and Environmental Medicine, University Hospital  
of Munich (LMU), Ziemssenstr. 1, 80336 Munich, Germany  
e-mail: tobias.weinmann@med.lmu.de

V. Ehrenstein  
Department of Clinical Epidemiology, Aarhus University  
Hospital, Olof Palmes Allé 43–45, 8200 Aarhus N, Denmark

R. von Kries  
Division of Epidemiology, Institute of Social Pediatrics  
and Adolescent Medicine, Ludwig-Maximilians-University  
of Munich, Heiglhofstrasse 63, 81377 Munich, Germany

D. Nowak  
Institute and Outpatient Clinic for Occupational,  
Social and Environmental Medicine, University Hospital  
of Munich (LMU), Ziemssenstr. 1, 80336 Munich, Germany

**Keywords** Cardiovascular diseases · Environmental exposure · Noise · Risk assessment · Epidemiologic measurements

## Objectives

Hypertension is a risk factor for myocardial infarction and stroke and is therefore of great importance for preventive medicine (Whelton 1994). According to the World Health Organization (WHO), globally cardiovascular diseases (CVDs) are the number one cause of death. In 2004, an estimated 17.1 million people worldwide died from CVDs representing 29% of all deaths (WHO fact sheet No. 317).

Several publications suggest that elevated blood pressure and thus an increased risk of hypertension may be associated with exposure to noise (Chang et al. 2009; Passchier-Vermeer and Passchier 2000; Stansfeld and Matheson 2003). Acute noise exposure activates the sympathetic and endocrine systems and thus causes changes in blood pressure, heart rate and increased levels of stress hormones (Ising and Braun 2000). Therefore, a chronic effect of noise exposure on elevated blood pressure is biologically plausible.

Relevant evidence stems, among others, from a case-control study by Willich et al. (2006), including 4,115 patients admitted to the major hospitals in Berlin with a confirmed diagnosis of acute myocardial infarction between 1998 and 2001. Standardized interviews were used to achieve information about participants' environmental and occupational noise annoyance. Additionally, noise levels of environmental and occupational noise were assessed using traffic noise maps and international standards for workplaces as proxies. Results suggest that chronic noise exposure is associated with the risk of myocardial infarction.

In the environment, road traffic noise is the most frequent source of noise (Bodin et al. 2009). About 30% of the population in the European Union is exposed to levels of road traffic noise above 55 dB(A) (WHO 2004). Evidence for an association between traffic noise and hypertension was found in various studies (Barregard et al. 2009; de Kluizenaar et al. 2007; Leon Bluhm et al. 2007; Selander et al. 2009; Sobotova et al. 2010). Babisch (2008) conducted a meta-analysis for calculating a pooled dose–effect curve for the association between road traffic noise and the risk of myocardial infarction. A dose–response increase in risk of myocardial infarction was found with noise levels over 60 dB(A). Another meta-analysis included 43 epidemiological studies published between 1970 and 1999 that examined the relation of occupational and community noise exposure with blood pressure and ischemic heart disease. Results showed an association between occupational noise exposure and air traffic noise and risk of hypertension (van Kempen et al. 2002).

Air traffic noise was also considered in the HYENA project that measured blood pressure and collected data on health in persons living near one of six major European airports. Analysis show statistically significant effects of night-time aircraft and daily average road traffic noise on risks of hypertension (Jarup et al. 2008). Rosenlund et al. (2001) showed an increased prevalence in hypertension for residents living in the vicinity of Stockholm Arlanda airport.

Evidence for increased blood pressure through community noise is still inconsistent and suffers from insufficient power of epidemiological studies, limitations in blood pres-

sure measurement and definition of hypertension as well as other difficulties in the study design (Babisch 2006; van Kempen et al. 2002). A major limitation in studies investigating a possible effect of noise on the cardiovascular system so far has been potentially inadequate exposure assessment using self-report or invalidated models or just one exposure source (Leon Bluhm et al. 2007; van Kempen et al. 2002).

We aimed to examine the association of chronic exposure to community noise with hypertension in a population-based sample of children, adolescents and adults by using personal dosimetry.

## Methods

### Study design and participants

The current analysis is based on data collected within the LEE cross-sectional study (LEE—Noise: Exposure and well-being), which was carried out in Bavaria (southern Germany) between 2005 and 2006 (Radon et al. 2007). Aim of this study was to examine the exposure to environmental noise in a representative sample of the Bavarian population using personal dosimetry measurements during 1 day. Moreover, a possible influence of residential noise exposure on health and well-being should be investigated. To assess different aspects of health and well-being (e.g., quality of life, psychosomatic symptoms and general well-being), a questionnaire was administered to the participants. The present analysis focuses on hypertension as an end point.

Study population included children (aged 8–12 years), adolescents (aged 13–17 years) and adults (18–65 years of age) living in four southern German cities of Munich (population 1.4 Mio), Freising (population 45,118), Ebersberg (population 11,366) and Grafting (population 12,761). Candidates for participation were randomly selected from the population registries of the respective towns and asked for participation through a postal invitation letter. For subjects below 18 years of age, parents' signed agreement was necessary for participation. Data collection was conducted between February 2005 and June 2006.

Of the 3,336 persons invited to the study, 1,742 participated in the 24-h dosimeter measurements (628 children, 632 adolescents and 482 adults). After up to two reminders and phone contacts, response was highest in the group of children (61%) followed by adolescents (58%) and adults (40%). Non-responder analysis did not show statistically significant differences in socioeconomic status between participants and non-responders in the adults' sample. In the adolescents' sample, there was a trend that participants went to higher-levelled schools than non-responders. In



general, educational level among study subjects was high; this reflects the socioeconomic structure of Munich and its surrounding towns.

#### Community noise exposure assessment and blood pressure measurement

When participants came to the research center, the dosimeter was handed out and its use was explained. Subjects were instructed to do their usual everyday activities and to fill out a diary during the day of the dosimeter measurement. At the same visit, blood pressure was measured. The questionnaire was answered in a computer-assisted personal interview (CAPI) (Baker 1992). A second blood pressure measurement was obtained on the following day, when participants returned the dosimeters.

#### Objective noise exposure

Individual noise exposure was assessed through personal dosimetry measurements over 24 h using Spark 703 dosimeters (Larson Davis, Inc. USA). During this period, participants had the dosimeter fixed at the belt, and a microphone was fixed at the collar. During night-time, participants put the dosimeter on their bed table when they went to bed.

The device's range of determination is between 40 dB(A) and 115 dB(A). Noise levels were measured and recorded by Leq (equivalent continuous noise level) measurements, which is the average sound level over the period of measurement, in this case five-second intervals.

Additionally, individual periods of sleep were estimated for each participant. Therefore, each 24-h profile was visually inspected to determine the period during which the noise level reached a longer minimum without amplitude. This period was compared with the participants' diary entries regarding the time during which they were asleep. In case of a deviation between the visually determined period of sleep and the participant's information, two researchers independently evaluated the exposure profile. If the sleep phase could not be determined unequivocally, a conservative proceeding was selected, as an underestimation of the exposure during night-time was preferred to an overestimation. Mean individual exposure during individually determined daytime as well as mean exposure during individually determined night-time was used for statistical analysis. The group median (MD) was used as cut-off to classify participants into a group of subjects with high noise exposure and a group of low noise exposure (separated for daytime and night-time exposure).

#### Subjective noise exposure

A "noise diary" was designed to assess participants' subjective noise annoyance during the 24-h measurement. Subjects were asked whether they felt exposed to one of the following sources of noise: road noise, neighborhood noise, aircraft noise, railway noise, playgrounds, industries, restaurants, music, discotheque noise and other sources. Participants then had to specify the time periods and the perceived intensity of exposure to each noise source (four levels from non-existent to very intense). Exposure was regarded as present if self-rated as "medium" or stronger. The different sources of noise were clustered by the researchers as presumably "positive" noise (restaurants, music, discotheques) and as possibly "negative" noise (all other sources). For further analysis, subjective exposure was examined separately for daytime and night-time. For daytime, positive noise and negative noise were considered separately. For night-time, only negative noise exposure was assessed as night-time noise was considered in any case bothersome.

#### Blood pressure

Systolic blood pressure (SBP) and diastolic blood pressure (DBP) were measured on the day of the interview and on the next day when participants brought the dosimeter back. The measurement was taken after a minimum interval of 5 or 10 min after the participants arrived at the research center (10 min in case of physical effort immediately before measurement, e.g., stair climbing to get to the examination room) with an OMRON M5-I automatic sphygmomanometer. According to upper arm circumference of the participant, an appropriate sized cuff was used. For statistical analysis, the two measurements for systolic and diastolic blood pressure were averaged. Regarding consistency between the two blood pressure measurements, Pearson's correlation was .732 ( $p < .001$ ) for systolic blood pressure and .691 ( $p < .001$ ) for diastolic pressure in the adult subjects. For children and adolescents, Pearson's correlation was .626 ( $p < .001$ ) for systolic blood pressure and .496 ( $p < .001$ ) for diastolic blood pressure. According to international guidelines, adolescents and adults were classified as "hypertonic" if the mean measurement for systolic blood pressure was equal to or higher than 140 or diastolic blood pressure was equal to or higher than 90 mm Hg (Cifkova et al. 2003; Deutsche Hochdruckliga 2009).

As antihypertensive medication may affect blood pressure readings (Babisch 2006), adults were additionally asked if they took such medication. Seventy-eight subjects reported use of antihypertensive medication and were also classified as "hypertonic". These data were not available for

children and adolescents as it was assumed that they did not use such medication.

For children until the age of 12, international guidelines recommend age- and sex-specific reference values for hypertension (National High Blood Pressure Education Program Working Group on Hypertension Control in Children and Adolescents 1996). According to these guidelines, hypertension is defined as blood pressure exceeding the 95th percentile of the age-specific reference values. However, in this study, the number of children which by this means had been classified as hypertonic would have been insufficient for statistical analysis. Therefore, the 75th percentile (118/72 mmHg) was used to categorize children as “hypertonic” (if the mean between the two measurements either for systolic or for diastolic blood pressure exceeded the reference value).

### Statistical analysis

Descriptive statistics are presented as mean values (AM) including standard deviations (SD) for continuous variables and as percent values for categorical variables.

To assess the association between noise exposure levels and hypertension, multiple logistic regression was used with hypertension as the outcome (yes/no) and sex (male/female), age (continuous in years), objective noise exposure during daytime and night-time (high/low), subjective exposure to positive/negative noise during daytime as well as subjective exposure to negative noise during night-time (yes/no categories) as predictors. Results of the multiple logistic regression are presented as odds ratios (OR) and 95% confidence intervals (CI).

As for children, different criteria for hypertension had to be used than for adolescents and adults and statistical analysis was carried out separately. Data for adolescents and adults were combined. In both groups, logistic regression was carried out for the whole subsample as a first step before the same analysis was repeated stratified by sex. This was done to assess possible sex-specific effects, as such effects have been reported in previous studies [5, 17].

Statistical analyses were performed with SPSS 17 and SAS 9.2.

## Results

### Descriptives

#### Children

Of 628 participating children, 328 (52.2%) were boys. Boys were slightly older (mean age: 10.0 years) than girls (mean age: 9.9 years).

Among children, mean daytime noise exposure was 79.6 dB(A) (SD = 5.8; MD = 80.2) and mean night-time exposure was 43.7 dB(A) (SD = 7.0 dB(A); MD = 41.7).

Regarding the subjective noise annoyance, 384 children (63%) reported being exposed to “negative” noise during the day, while 107 (18%) stated to feel annoyed by “negative” noise in the night. Presence of “positive” daytime noise was indicated by 185 children (30%), while 58 subjects (9%) felt exposed to “positive” noise during the night.

Systolic blood pressure in children had a mean value of 112 mmHg (Min = 88, Max = 150 mmHg, SD = 9.7). Mean diastolic blood pressure in this age group was 67 mmHg (Min = 43, Max = 100, SD = 7.6). Using the upper quartile as cut-off, 236 children (39%) had hypertension, 130 boys and 106 girls.

#### Adolescents and adults

Five hundred and forty-two adolescents and adults (49%) were men. The mean age was 26.9 years (SD = 16.1, Min = 13, Max = 65 years).

Objectively measured individual noise exposure in this age group had a mean of 74.3 dB(A) (SD = 6.4; MD = 74.4) during daytime and 43.0 dB(A) (SD = 6.8, MD = 41.2) during night-time.

Subjective exposure to “negative” noise was indicated by 678 persons (60.9%) for daytime and by 277 subjects (24.9%) for the night. Exposure to “positive” noise during the day was reported by 441 adolescents and adults (41.8%).

Among adult and adolescents, mean SBP was 126 mmHg (SD = 15, Min = 84, Max = 182 mmHg) in this age group. Mean DBP for the adolescents’ and adults’ sample was 77 mmHg (SD = 10, Min = 55, Max = 116). Using the above-mentioned definition, 258 subjects (24%), including 171 men (32%) and 87 women (16%), were classified as having hypertension (Tables 1, 2).

### Association between noise exposure and hypertension

#### Children

For the whole sample of the children, an association between age and hypertension was observed (OR = 1.28, 95% CI = 1.11–1.48) (Table 3). The stratified analysis showed that this was especially due to the significant effect of age in the boys’ sample (OR = 1.45, 95% CI = 1.18–1.78) with overlapping CI of the girls’ sample (OR = 1.12, 95% CI = 0.90–1.39). Neither noise exposure during daytime nor noise exposure during night-time was associated with hypertension. This was also the case for subjective noise exposure.

**Table 1** Descriptive results for both subgroups (children and adolescents/adults)

Variable	Children (age = 8–12 years)		Adolescents and adults (age = 13–65 years)	
	<i>N</i>	%	<i>N</i>	%
Sex				
Male	328	52.2	542	48.7
	AM $\pm$ SD		AM $\pm$ SD	
Age (years)	10.0 $\pm$ 1.2		26.9 $\pm$ 16.1	
Systolic blood pressure (mmHg)				
Male	114 $\pm$ 9.9		132 $\pm$ 14.7	
Female	111 $\pm$ 9.4		120 $\pm$ 13.8	
Total	112 $\pm$ 9.7		126 $\pm$ 15.3	
Diastolic blood pressure (mmHg)				
Male	68 $\pm$ 8.1		78 $\pm$ 10.7	
Female	67 $\pm$ 7.0		76 $\pm$ 9.4	
Total	68 $\pm$ 7.6		77 $\pm$ 10.1	
	<i>N</i>	%	<i>N</i>	%
Hypertension				
Males	130	41.9	171	32.3
Females	106	36.2	87	15.9
Total	236	39.1	258	24.0

*N* number, *AM* mean value, *SD* standard deviation

**Table 2** Results of the noise exposure measurements for both subgroups (children and adolescents/adults)

Objective exposure (dB[A])	Children (age = 8–12 years)		Adolescents and adults (age = 13–65 years)	
	AM $\pm$ SD	MD	AM $\pm$ SD	MD
Day	79.56 $\pm$ 5.83	80.22	74.31 $\pm$ 6.44	74.37
Night	43.74 $\pm$ 6.98	41.70	43.00 $\pm$ 6.77	41.21
	<i>N</i>	%	<i>N</i>	%
Subjective exposure				
Positive day	185	30.0	441	41.8
Negative day	384	62.7	678	60.9
Negative night	107	17.6	277	24.9

*AM* mean value, *SD* standard deviation, *MD* median

### Adolescents and adults

An association between sex and hypertension could be observed for adolescents and adults (OR = 3.78, 95% CI = 2.58–5.53). Age was a predictor in men (OR = 1.06, 95% CI = 1.05–1.08) as well as in women (OR = 1.09, 95%

CI = 1.07–1.11) and thus for the whole adolescent/adult subsample (OR = 1.07, 95% CI = 1.06–1.08) (Table 4).

Moreover, objective night-time noise exposure was associated with hypertension (OR = 1.49, 95% CI = 1.04–2.13). In the sex-stratified analysis, the effect of night-time noise exposure was only seen in men (OR = 1.85, 95% CI = 1.12–2.93). However, the 95% CIs for men and women are overlapped; therefore, no indication for effect modification by sex was seen. Objectively measured noise exposure during the day was not associated with hypertension in the group of adolescents and adults (Table 4).

Regarding subjective noise exposure, the association of negative annoyance during daytime and blood pressure tended to increase the risk for hypertension (OR = 1.30, CI = 0.88–1.97), whereas reported positive annoyance tended toward an inverse association with hypertension. Thus, an opposite trend between negative and positive daytime annoyance could be observed.

### Discussion

The current analysis aimed to assess individual exposure to community noise using personal dosimetry and to investigate a potential effect of objective and subjective exposure levels on hypertension in a population-based sample of children, adolescents and adults. An association between noise exposure, particularly during night-time, and hypertension was found in adolescents and adults.

Dosimeter measurements showed a mean daytime noise exposure of almost 80 dB(A) for children and about 74 dB(A) for adolescents and adults. Medium exposure during night was around 44 dB(A) in children and nearly 43 dB(A) in participants between 13 and 65 years of age. Overall, noise exposure levels in the present sample seem to be relatively high.

Several previous studies have shown thresholds for adverse effects of noise in the range between 55 and 60 dB(A) on the cardiovascular system (Rosenlund et al. 2001; Willich et al. 2006), while noise levels exceeding 65 dB(A) may be considered as highly stressful (Berglund et al. 1999). Daytime exposure levels in our sample exceeded these thresholds clearly. As the dosimeter measured general noise exposure, that is to say total exposure from different noise sources and not only, e.g., road traffic noise, it is plausible to obtain relatively high exposure levels. Especially for children, self-induced noise (e.g., on playgrounds, during break in school) has to be considered as it probably made a notable contribution to the noise exposure levels in this age group.

As far as the authors know, there is only one more study so far which used dosimeter measurements to assess noise exposure (Neitzel et al. 2004). This study measured noise

**Table 3** Association of study variables with hypertension among children

Variable	Total (N = 628)		Male (N = 328)		Female (N = 300)	
	OR (95% CI)	95% CI	OR	95% CI	OR	95% CI
Sex	1.40	.97–2.00	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Age	<b>1.28</b>	<b>1.11–1.48</b>	<b>1.45</b>	<b>1.18–1.78</b>	1.12	.90–1.39
Noise exposure (day)	.93	.64–1.35	.66	.40–1.11	1.30	.76–2.23
Noise exposure (night)	.88	.62–1.25	.67	.41–1.10	1.06	.63–1.79
Positive annoyance (day)	1.01	.68–1.49	.97	.56–1.67	1.10	.60–1.87
Negative annoyance (day)	.96	.65–1.42	1.20	.68–2.00	.74	.42–1.32
Negative annoyance (night)	.99	.60–1.62	.74	.37–1.51	1.37	.67–2.79

Bold values indicate statistical significance

OR odds ratio, CI confidence interval, n.a. not applicable

**Table 4** Association of study variables with hypertension among adolescents and adults

Variable	Total (n = 1,114)		Male (n = 542)		Female (n = 572)	
	OR	95% CI	OR	95% CI	OR	95% CI
Sex	<b>3.78</b>	<b>2.58–5.53</b>	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Age	<b>1.07</b>	<b>1.06–1.08</b>	<b>1.06</b>	<b>1.05–1.08</b>	<b>1.09</b>	<b>1.07–1.11</b>
Noise exposure (day)	.94	.65–1.36	.75	.47–1.21	1.20	.65–2.20
Noise exposure (night)	<b>1.49</b>	<b>1.04–2.13</b>	<b>1.85</b>	<b>1.12–2.93</b>	.99	.54–1.79
Positive annoyance (day)	.77	.52–1.14	.65	.40–1.06	1.14	.57–2.23
Negative annoyance (day)	1.30	.88–1.97	1.21	.72–2.04	1.53	.76–3.10
Negative annoyance (night)	.96	.62–1.50	.85	.48–1.51	1.13	.55–2.30

Bold values indicate statistical significance

OR odds ratio, CI confidence interval, n.a. not applicable

exposure in construction workers during occupational as well as non-occupational activities. Mean non-occupational noise level in this study was 74 dB(A), which is in line with the noise exposure levels we measured in our adolescents' and adults' sample.

Due to our classification of hypertension in the group of children, the prevalence was quite high. However, this is due to the fact that we used another categorization than the usual international guidelines because the number of children that according to these guidelines had been categorized as hypertonic would have been too small for statistical analysis. This is in accordance with other studies where the hypertension prevalence in children is estimated to be between 1 and 3% (Jahnsen et al. 2008).

Regarding the group of adolescents and adults, 32% of the male subjects and 16% of the female subjects were classified as hypertensive. This sex difference is in line with the literature on hypertension prevalence in Germany (Jahnsen et al. 2008).

Information on the effects of night-time noise exposure on the cardiovascular system is relatively rare (Babisch 2006). In the present analysis, no significant increase in hypertension due to noise exposure could be observed in the group of children. One explanation might be that that

the effect of noise on the cardiovascular system is mediated through subjective annoyance (Belojevic and Saric-Tanasovic 2002; Lercher et al. 1993; Niemann et al. 2006) and that children generally are less annoyed by noise than adults. An indication for this explanation is that the prevalence of children stating to feel exposed to noise was lower than in adolescents and adults. However, no statistically significant association between subjective exposure and hypertension could be observed in the group of children, which also might be due to limited power.

For the group of adolescents and adults, an association between night-time noise exposure and hypertension was observed. In contrast, daytime noise exposure had no effect on the prevalence of hypertension in our sample. Altogether, this gives some further evidence for an assumed association between community noise and cardiovascular risk and, moreover, supports suggestions that night-time noise may be a stronger determinant of noise-induced cardiovascular effects than daytime exposure (Jarup et al. 2008; Niemann and Maschke 2004). Our findings are particularly in line with a study by Haralabidis et al. (2008), which showed effects of night-time noise exposure on blood pressure regardless of the noise source. Our findings are further strengthened by the fact that the observed

associations did not change significantly when the 78 subjects indicating to take antihypertensive medication were excluded from statistical analysis.

Sex-stratified analysis showed that the observed effect of night-time noise on hypertension was more profound in men. However, this sex difference could be due to chance as no interaction between men and women could be observed. In general, sex-difference effects of noise exposure on hypertension are not unequivocally clarified as some studies observed stronger effects in men than in women (Barregard et al. 2009; Belojevic and Saric-Tanaskovic 2002), whereas other findings showed an elevated risk in women (Jarup et al. 2008; Leon Bluhm et al. 2007), and others suggested no risk differences between the genders (de Kluizenaar et al. 2007; Rosenlund et al. 2001). Results so far are conflicting and indicate that possible effects of sex on the association between noise and cardiovascular risk should be further investigated in future studies.

Regarding subjective noise exposure, we observed that adolescents and adults reporting the presence of assumed “positive” sources of noise tended to have a decreased risk for hypertension. “Negative” noise on the other hand tended to increase the risk for hypertension. Although these effects finally did not reach statistical significance, this gives at least some indication for a potential effect of subjective noise annoyance on cardiovascular risk. Especially, the effect of sources of noise that subjects could experience as positive (noise in clubs or restaurants or music in general) is an interesting aspect as effects of noise on blood pressure might be mediated through an intermediate psychological response like noise annoyance (Fyhri and Aasvang 2010; Stansfeld and Matheson 2003). As to our knowledge, an explicit differentiation between potentially positive vs. negative perceived noise has not been made so far in studies assessing the association between noise and CVDs, a possible different effect depending on subjects’ positive or negative feelings toward the source of noise could be focussed on upcoming studies.

We consider this differentiation between positive and negative experienced sources of noise as one of the strengths of the present study and as an interesting consideration for future investigations. Another strength was the possibility to differentiate between daytime and night-time exposure to noise. This is an important aspect as night-time noise may be a more important determinant of noise-induced cardiovascular effects than daytime exposure (Babisch 2006). This assumption is encouraged by the fact that only night-time but not daytime noise exposure was associated with hypertension in our analysis. Differentiating between exposure during the day and during the night should therefore be considered in future studies on noise and blood pressure. Furthermore, this is one of the first

studies to use personal dosimeters for noise exposure assessment. These dosimeter measurements provided objective exposure assessment and thus reduced the risk of misclassification. The dosimeter methodology also enables summative assessment of environmental noise, that is measuring noise regardless of the source, for which is asked in the European Union Environmental Noise Directive (2002/49/EC). This aspect also fits well with the above-cited study of Haralabidis et al. (2008) as the effects of noise exposure on blood pressure which this study observed appeared to be independent of the noise source. Another advantage of the dosimeter methodology is that exposure is measured not only in subjects’ homes or at their workplace but on their actual whereabouts over the whole period of examination.

However, as measurement was limited to 24 h, it is possible that individual exposure levels during the study day may not be representative for subjects’ exposure over a longer period. Hence, the measured exposure values may not characterize participants’ long-term noise exposure. Repeating the measurements and carrying them out over longer periods of time could be a reasonable approach for even more precise exposure estimation in the future (van Kempen et al. 2002). Nevertheless, it is questionable if this would be feasible given subjects’ willingness to wear a dosimeter over 24 h we had in this analysis. Especially for adults, the response of 40% was quite low. This could be due to subjects’ assumptions that the dosimeters could be inconvenient to wear or even restrict them in their everyday activities. Thus, for extended and repeated dosimeter measurements, the response could be even lower. Increasing subjects’ compliance to participate in such measurements will therefore be a major challenge for the future. Another limitation of the dosimeter measurements used in this analysis is that the dosimeters only measured noise exposure in general but could not differentiate between different sources of noise. A related limitation is that the dosimeter also captured participants’ own speaking sound; this could have lead to an overestimation of noise. Furthermore, this analysis cannot differentiate between long-term and short-term effects of noise on cardiovascular risk. Also, the above-mentioned classification of hypertension in the group of children can be considered as a limitation of our study as it differed from international guidelines. Our preferred approach would have been to stick to the guidelines and use the 95th percentile as cut-off, but then statistical analysis would not have been feasible. Interpreting blood pressure readings and assessing hypertension in children is a complicated task anyway, and using categorization that differs from international guidelines makes interpretation even more difficult. This should be kept in mind when comparing our results with other studies. A related limitation is the pooling of adolescent and adult subjects into one group in



statistical analysis. This approach was selected in order to have sufficient statistical power, but this is at the expense of homogeneity within the sample as it does not account for special characteristics of adolescents as, e.g., puberty or physiological characteristics related to blood pressure. This restriction should be considered as well when the results of the present study are interpreted.

## Conclusions

Our results give further indication for a negative effect of noise exposure on hypertension. In particular, the assumption of a potentially different, that is to say stronger, effect of night-time exposure compared to exposure during the day is strengthened by our findings. A profound examination of noise exposure in the sense of a differentiation not only between night-time and daytime exposure but also between presumably positive versus negative sources of noise can be an important aspect for upcoming studies. Furthermore, dosimeter measurements over longer periods of time as well as repeated measurements could be used for an even better exposure assessment. However, achieving a sufficient response rate could be the major challenge at this point. By these means, the association between noise and the cardiovascular system may be elucidated in detail.

**Acknowledgments** The authors are very grateful to Dr. Nicole Meyer and Dr. Hedwig Spiegel for their dedication to the study. We thank the mayors of Ebersberg, Freising, Grafing and Munich for their cooperation as well as the field workers for the efforts. We also thank all participants for their contribution. The study was supported by the Bavarian State Ministry of the Environment and Public Health.

**Conflict of interest** The authors declare that they have no conflict of interest.

**Ethical standards** The study has been approved by the appropriate ethics committee and has therefore been performed in accordance with the ethical standards laid down in the 1964 Declaration of Helsinki and its later amendments. All participants gave their informed consent prior to their inclusion in the study.

## References

- Babisch W (2006) Transportation noise and cardiovascular risk: updated review and synthesis of epidemiological studies indicate that the evidence has increased. *Noise Health* 8(30):1–29
- Babisch W (2008) Road traffic noise and cardiovascular risk. *Noise Health* 10(38):27–33
- Baker RP (1992) New technology in survey research: computer-assisted personal interviewing (CAPI). *Soc Sci Comput Rev* 10(2):145–157
- Barregard L, Bonde E, Ohrstrom E (2009) Risk of hypertension from exposure to road traffic noise in a population-based sample. *Occup Environ Med* 66(6):410–415
- Belojevic G, Saric-Tanaskovic M (2002) Prevalence of arterial hypertension and myocardial infarction in relation to subjective ratings of traffic noise exposure. *Noise Health* 4(16):33–37
- Berglund B, Lindvall T, Schwella DH (eds) (1999) Guidelines for community noise. World Health Organization, Geneva
- Bodin T, Albin M, Ardo J et al (2009) Road traffic noise and hypertension: results from a cross-sectional public health survey in southern Sweden. *Environ Health* 8:38
- Chang TY, Lai YA, Hsieh HH et al (2009) Effects of environmental noise exposure on ambulatory blood pressure in young adults. *Environ Res* 109(7):900–905
- Cirkova R et al (2003) Practice guidelines for primary care physicians: 2003 ESH/ESC hypertension guidelines. *J Hypertens* 21(10):1779–1786
- de Kluizenaar Y, Gansevoort RT, Miedema HM et al (2007) Hypertension and road traffic noise exposure. *J Occup Environ Med* 49(5):484–492
- Fyhri A, Aasvang GM (2010) Noise, sleep and poor health: modeling the relationship between road traffic noise and cardiovascular problems. *Sci Total Environ* 408(21):4935–4942
- Haralabidis AS, Dimakopoulou K, Vigna-Taglianti F et al (2008) Acute effects of night-time noise exposure on blood pressure in populations living near airports. *Eur Heart J* 29(5):658–664
- Hochdruckliga Deutsche (2009) Leitlinien zur Behandlung der arteriellen Hypertonie. *Nieren- und Hochdruckkrankheiten* 38(4):137–188
- Ising H, Braun C (2000) Acute and chronic endocrine effects of noise: review of the research conducted at the institute for water, soil and air hygiene. *Noise Health* 2(7):7–24
- Jahnsen K, Strube H, Starker A (2008) Gesundheitsberichterstattung des Bundes. Heft 43: hypertonie. Robert-Koch-Institut, Berlin
- Jarup L, Babisch W, Houthuijs D et al (2008) Hypertension and exposure to noise near airports: the HYENA study. *Environ Health Perspect* 116(3):329–333
- Leon Bluhm G, Berglind N, Nordling E et al (2007) Road traffic noise and hypertension. *Occup Environ Med* 64(2):122–126
- Lercher P, Hortnagl J, Kofler WW (1993) Work noise annoyance and blood pressure: combined effects with stressful working conditions. *Int Arch Occup Environ Health* 65(1):23–28
- National High Blood Pressure Education Program Working Group on Hypertension Control in Children and Adolescents (1996) Update on the 1987 task force report on high blood pressure in children and adolescents: a working group report from the national high blood pressure education program. *Pediatrics* 98(4 Pt 1):649–658
- Neitzel R, Sexias N, Olson J et al (2004) Nonoccupational noise: exposure associated with routine activities. *J Acoust Soc Am* 63(9):632–639
- Niemann H, Maschke M (2004) WHO LARES final report. Noise effects and morbidity. World Health Organization, Geneva
- Niemann H, Bonnefoy X, Braubach M et al (2006) Noise-induced annoyance and morbidity results from the pan-European LARES study. *Noise Health* 8(31):63–79
- Passchier-Vermeer W, Passchier WF (2000) Noise exposure and public health. *Environ Health Perspect* 108(Suppl 1):123–131
- Radon K, Spiegel H, Ehrenstein V et al (2007) Erfassung der täglichen Lärmexposition und die Korrelation zum individuellen Gesundheitsstatus. LEE–Lärm: exposition und befinden. Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit, Erlangen
- Rosenlund M, Berglind N, Pershagen G et al (2001) Increased prevalence of hypertension in a population exposed to aircraft noise. *Occup Environ Med* 58(12):769–773
- Selander J, Nilsson ME, Bluhm G et al (2009) Long-term exposure to road traffic noise and myocardial infarction. *Epidemiology* 20(2):272–279
- Sobotova L, Jurkovicova J, Stefanikova Z et al (2010) Community response to environmental noise and the impact on cardiovascular risk score. *Sci Total Environ* 408(6):1264–1270

- Stansfeld SA, Matheson MP (2003) Noise pollution: non-auditory effects on health. *Br Med Bull* 68:243–257
- Van Kempen EE, Kruize H, Boshuizen HC et al (2002) The association between noise exposure and blood pressure and ischemic heart disease: a meta-analysis. *Environ Health Perspect* 110(3): 307–317
- Whelton PK (1994) Epidemiology of hypertension. *Lancet* 344(8915):101
- Willich SN, Wegscheider K, Stallmann M et al (2006) Noise burden and the risk of myocardial infarction. *Eur Heart J* 27(3):276–282
- World Health Organization (2004) Transport-related health effects with particular focus on children. World Health Organization, Geneva
- World Health Organization (2011) Fact sheet no. 317 Cardiovascular diseases (CVDs). World Health Organization, Geneva





**Objektive Bestimmung der 24-Stunden-Gesamtlärmbelastung: eine  
Querschnittsstudie in Bayern.**

Gesundheitswesen. 2012 Nov;74(11):710-5. doi: 10.1055/s-0031-1285864. Epub 2011 Sep 7.



# Objektive Bestimmung der 24-Stunden-Gesamtlärmbelastung: eine Querschnittsstudie in Bayern

## Objective Assessment of Total Noise Exposure over 24 Hours: A Cross-Sectional Study in Bavaria

### Autoren

T. Weinmann<sup>1</sup>, E. Sárközi<sup>1</sup>, G. Praml<sup>1</sup>, R. von Kries<sup>2</sup>, V. Ehrenstein<sup>3</sup>, D. Nowak<sup>1</sup>, K. Radon<sup>1</sup>

### Institute

<sup>1</sup> AG Arbeits- und Umweltepidemiologie & NetTeaching, Institut und Poliklinik für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin, Klinikum der Universität München

<sup>2</sup> Epidemiologie im Kindes- und Jugendalter Schwerpunkt Gesundheitsforschung, Institut für Soziale Pädiatrie und Jugendmedizin der LMU München

<sup>3</sup> Department of Clinical Epidemiology, Aarhus University Hospital, Dänemark

### Schlüsselwörter

- Lärmbelastung
- Lärmdosimeter
- Expositionserfassung
- Personendosimetrie

### Key words

- noise burden
- noise dosimeters
- exposure assessment
- personal dosimetry

### Zusammenfassung

**Ziel der Studie:** Lärm kann das Wohlbefinden und die Leistungsfähigkeit beeinflussen und möglicher Weise das Herzinfarkttrisiko erhöhen. Bislang wurde in epidemiologischen Untersuchungen zu Lärm und Gesundheit meist nur eine Lärmquelle isoliert betrachtet. Die EU-Umgebungs-lärmrichtlinie (2002/49/EG) fordert hingegen eine summative Betrachtung der vielfältigen Lärmquellen. Diese Studie hatte daher zum Ziel, die Exposition der Teilnehmer gegenüber Umweltlärm summativ mittels persönlicher Lärmdosimeter zu erfassen.

**Methodik:** Kinder (n=628, Teilnahmequote=61 %, Alter 8–12 J.), Jugendliche (n=632, Teilnahmequote=58 %, Alter 13–17 J.) und Erwachsene (n=482, Teilnahmequote=40 %, Alter 18–65 J.) wurden von den Einwohnermeldeämtern 4 bayerischer Städte zufällig ausgewählt und nahmen an einer 24-stündigen Messung des Schallpegels mittels Personendosimetrie teil. Für die Auswertung wurde zwischen Tages- und Nachtlärm unterschieden. Zudem wurden mögliche Einflussfaktoren auf die Lärmexposition untersucht.

**Ergebnisse:** Die Ergebnisse zeigten hohe mittlere Schallpegel am Tag besonders in der Gruppe der Kinder [Mittelwert±Standardabweichung: Kinder: 80,0±5,8 dB(A); Jugendliche 76,0±6,2 dB(A), Erwachsene 72,1±6,1 dB(A)]. Während am Tag die summative Lärmbelastung der Teilnehmer aus den kleineren Städten statistisch signifikant höher als für solche aus der Großstadt München war, ergaben sich die höchsten mittleren nächtlichen Schallpegel für Teilnehmer aus München [44,1±7,2 dB(A)].

**Schlussfolgerung:** Die summative Lärmbelastung der Teilnehmer war hoch. Die Ursache für den statistisch signifikant erhöhten Schallpegel bei den Kindern ist möglicherweise vor allem selbst verursachter Lärm. Ob die hohen Schallpegel am Tag für Teilnehmer aus den kleineren

### Abstract

**Introduction:** Noise can affect well-being and performance of individuals and might be associated with an increased risk of cardiovascular events. To date most epidemiological studies considered exposure from a single source of noise. The EU Environmental Noise Directive (2002/49/EC) requires a summative measurement of ambient noise. This study aimed to capture the participants' exposure to environmental noise by means of personal noise dosimetry.

**Methods:** Children (n=628, participation=61 %, age 8–12 years), adolescents (n=632, participation=58 %, age 13–17 years) and adults (n=482, participation=40 %, age 18–65 years) were selected randomly from the population registry of 4 Bavarian towns and were invited to participate in a 24-h measurement using noise dosimetry. Noise exposures during day and night were analyzed separately. In addition, predictors of noise exposure were assessed.

**Results:** For daytime noise exposure mean±standard deviation were in children 80.0±5.8 dB(A), in adolescents 76.0±6.2 dB(A), in adults 72.1±6.1 dB(A) ( $p_{ANOVA} < 0.001$ ). During the day personal noise exposure was statistically significantly higher for participants from smaller towns than for those living in Munich, while nighttime noise exposure was highest for participants from Munich [44.1±7.2 dB(A)].

**Conclusion:** The summative noise exposure in urban Bavaria is high, in particular among children at daytime. Increased exposure levels in children might be caused by themselves while, e.g., playing. Whether the higher daytime exposure in towns is due to high noise levels commuting between home and work has to be assessed in future studies.

### Bibliografie

DOI <http://dx.doi.org/10.1055/s-0031-1285864>

Gesundheitswesen

© Georg Thieme Verlag KG

Stuttgart · New York

ISSN 0941-3790

### Korrespondenzadresse

**Prof. Dr. Katja Radon, MSc**

Institut und Poliklinik für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin  
Klinikum der Universität München

Ziemssenstraße 1

80336 München

sekretariat-radon@med.lmu.de

Städten auf höhere Schallpegel im Berufsverkehr zurückzuführen sind, gilt es in weiteren Untersuchungen zu klären.

## Einleitung

Menschen fühlen sich durch Straßen-, Flug-, Schienenverkehrslärm, Industrie- und Gewerbelärm sowie laute Nachbarn belästigt [1]. Die Zahl derer, die sich durch Lärm gestört fühlen, steigt seit 1996 an [2]. 59% der Deutschen fühlen sich durch Straßenverkehr gestört oder belästigt [12]. Die internationalen Studien zu potenziellen Lärmwirkungen beschreiben Kommunikationsstörungen, Beeinträchtigung der Schlafqualität, Konzentrationschwierigkeiten, Übelkeit, Kopfschmerzen und Nervosität als mögliche unspezifische Lärmwirkungen auf das Wohlbefinden [10, 11].

In verschiedenen Studien wurden Kinder, Jugendliche und Erwachsene separat untersucht z. B. im Kinder-Umwelt-Survey [3], in der UBA-Studie über „Lärmschäden durch Musik“ [4] oder im Rahmen der HYENA-Studie [5, 6]. Im Grundschulalter fokussieren die Untersuchungen auf Lärm in der Schule, der sich negativ auf die Konzentration der Kinder auswirken kann [7]. Bei Jugendlichen steht Freizeitlärm im Vordergrund der Studien. Die Adoleszenten besuchen oft Diskotheken und Clubs, gehen zu Live-Konzerten oder hören laute Musik über Kopfhörer. In einer Studie in Berlin lag der Median der Diskobesuche in der 9. Klasse noch bei weniger als 1-mal pro Monat, in der 13. Klasse stieg er auf 3-mal pro Monat an [8].

Im Erwachsenenalter werden primär mögliche Auswirkungen von Straßen-, Schienen- und Flugverkehr auf das Wohlbefinden und Herz-Kreislauf-System untersucht [12, 13, 15–18]. Lärm kann bei Erwachsenen zudem Schlafstörungen hervorrufen [14]. Limitation bisheriger Studien zu den chronischen Wirkungen von Lärm auf die Gesundheit ist die isolierte Betrachtung nur einer Lärmquelle [19–21]. Die EU-Umgebungslärmrichtlinie (2002/49/EG) fordert eine summative Betrachtung der vielfältigen Quellen des Umgebungslärms. Deshalb ist es wichtig, dass eine individuelle Erfassung der integrativen Gesamtlärmexposition über 24 Stunden erfolgt. Die hier beschriebene Studie hatte daher zum Ziel, die Exposition der bayerischen städtischen Bevölkerung gegenüber Umweltlärm mittels individueller Messungen über 24 Stunden zu erfassen. Hierzu sollten sowohl verschiedene Altersgruppen als auch Städte mit unterschiedlicher Einwohnerzahl bzw. unterschiedlicher Entfernung von einem Flughafen untersucht werden.

## Methoden

### Probanden

Zunächst wurden 3 verschiedene Studienregionen ausgewählt: München als Großstadt, sowie Freising (in der Nähe befindet sich ein Flughafen) und Ebersberg im Umland von München als Vergleichsregion. Die Teilnehmer stammen aus Zufallsstichproben, die von den Einwohnermeldeämtern der 3 Städte bereitgestellt wurden. Alle potentiellen Studienteilnehmer erhielten eine schriftliche Einladung zur Studie und bis zu 2 Erinnerungsschreiben. Verbleibende Non-Responder wurden telefonisch kontaktiert. Ziel war es, in jeder Stadt 150 Kinder (Alter 8–12 Jahre), 150 Jugendliche (Alter 13–17 Jahre) und 150 Erwachsene (Alter 18–64 Jahre) in die Untersuchung einzuschließen. Nachdem sich die Rekrutierung vor allem in der Gruppe der Erwach-

senen als schwierig herausstellte, wurde die Stichprobe aus Ebersberg zusätzlich um eine Stichprobe aus der Nachbargemeinde Grafing erweitert, wo nochmals jeweils mindestens 75 Teilnehmer pro Altersstufe angestrebt wurden. Teilnehmer und Nichtteilnehmer wurden um die Beantwortung eines schriftlichen Kurzfragebogens gebeten, um einen möglichen Selektionsbias abschätzen zu können.

### Studienablauf

Die Studienteilnehmer wurden zunächst im lokalen Untersuchungszentrum mittels Computer-assistiertem persönlichen Interview (CAPI) interviewt. Als Untersuchungstage wurde primär Montag bis Donnerstag gewählt, um den Lärm während der Arbeits-/Schultage zu erfassen. Der Fragebogen deckte die Bereiche Soziodemografie, allgemeine Befindlichkeit über einen Zeitraum von 6 Monaten, Lebensqualität, Lärmempfindlichkeit und Umweltbesorgnis ab. Für die hier dargestellte Auswertung wurden die Angaben zu Alter (in Jahren), Geschlecht (männlich, weiblich), Schulbildung bzw. (für die Erwachsenen) höchster erworbener Schulabschluss (Grundschule (nur Kinder), Hauptschule, Realschule, Polytechnische Oberstufe, Fachhochschulreife, Abitur) und Erwerbstätigkeit (voll berufstätig ( $\geq 35$  Stunden pro Woche), Teilzeit berufstätig ( $< 35$  Stunden pro Woche), nicht berufstätig) verwendet.

Die Interviews fanden in München entweder zu Hause oder in den Räumlichkeiten des Instituts und der Poliklinik für Arbeits-, Sozial und Umweltmedizin des Klinikums der LMU München statt. In den anderen Städten fanden die Interviews im Rathaus oder in einer Schule statt. Nach Abschluss des Interviews wurde den Teilnehmern erklärt, wie das Lärmdosimeter funktioniert. Danach erfolgten die 24-Stunden Messungen. Die Probanden wurden darüber hinaus gebeten, ein Lärm- und Symptomtagebuch über den Untersuchungstag zu führen.

### Lärmdosimetrie

Für die Messungen wurde das Personendosimeter Spark 703 (Larson Davis, Inc. USA) mit einem Dynamikbereich von 75 dB (40–115 dB(A)) verwendet. Der Schallpegel wurde von den Dosimetern im 5-s Takt über 24 Stunden für die Probanden nicht einsehbar registriert und kontinuierlich über 24 Stunden erfasst. Bei Rückgabe der Dosimeter am Folgetag wurde das Lärmprofil ausgelesen, auf Unregelmäßigkeiten überprüft und dem Probanden ein Ausdruck seines individuellen Lärmprofils überreicht (Abb. 1).

### Statistische Analysen

Für jeden Probanden wurde zunächst die individuelle Phase der Nachtruhe in den Auswertungen bestimmt. Hierzu wurde jedes Tagesprofil einzeln betrachtet und der Zeitraum bestimmt, in dem der Schallpegel ein längeres Minimum ohne größere Amplituden erreichte. Aus diesen wurden die Mittelungspegel gemäß DIN 45641 für die Tag- und Nachtphasen individuell berechnet und für die weiteren statistischen Analysen verwendet. Die Daten wurden zunächst deskriptiv mittels Mittelwerten und Standardabweichung bzw. absoluten und relativen Häufigkeiten ausgewertet. Diese Analysen wurden für das Gesamtkollektiv sowie stratifiziert nach Altersgruppe (Kinder, Jugendliche, Erwachsene), Untersuchungsort und Geschlecht durchgeführt. Für die Jugendlichen wurde zusätzlich die Schulbildung, für die Erwachsenen auch die Erwerbstätigkeit als mögliche Einflussfaktoren auf den mittleren Schallpegel untersucht. Unterschiede zwischen den Gruppen wurden mittels Varianzanalyse (ANOVA)

mit dem post-hoc Test nach Scheffé getestet. Abschließend wurden multiple lineare Regressionsmodelle durchgeführt. Diese wurden für das Gesamtkollektiv sowie stratifiziert für die Gruppe der Erwachsenen ausgewertet. Die Auswertungen wurden mit dem Programm von SPSS PASW Statistics 17.0 durchgeführt.

## Ergebnisse

### Teilnahmebereitschaft

Insgesamt wurden 2615 der 3336 (78%) versandten Kurzfragebögen beantwortet. Von den Teilnehmern am Kurzfragebogen nahmen 1742 Personen auch an der 24-h Messung teil. Die Teilnahmebereitschaft war bei den Kindern am höchsten ( $n=628$ ; 61%) gefolgt von den Jugendlichen ( $n=632$ ; 58%). In der Gruppe

der Erwachsene ( $n=482$ ) lag sie mit 40% unter der erwarteten Teilnahme.

Basierend auf den Angaben der Kurzfragebögen zeigte sich, dass die Teilnehmer statistisch signifikant häufiger ein Gymnasium besuchten als die Nichtteilnehmer (47% vs. 31%;  $p_{\text{Chi}^2} < 0,001$ ). Erwachsene Teilnehmer fühlten sich statistisch signifikant häufiger durch Lärm im Wohnumfeld gestört als erwachsene Nichtteilnehmer (72% vs. 61%,  $p_{\text{Chi}^2} < 0,01$ ). Zudem war die Teilnahmebereitschaft in München geringer als in den anderen Studienorten. So kamen von den Teilnehmern 25,9% aus München, unter den Nichtteilnehmern waren es 31,7% ( $p_{\text{Chi}^2} = 0,002$ ).

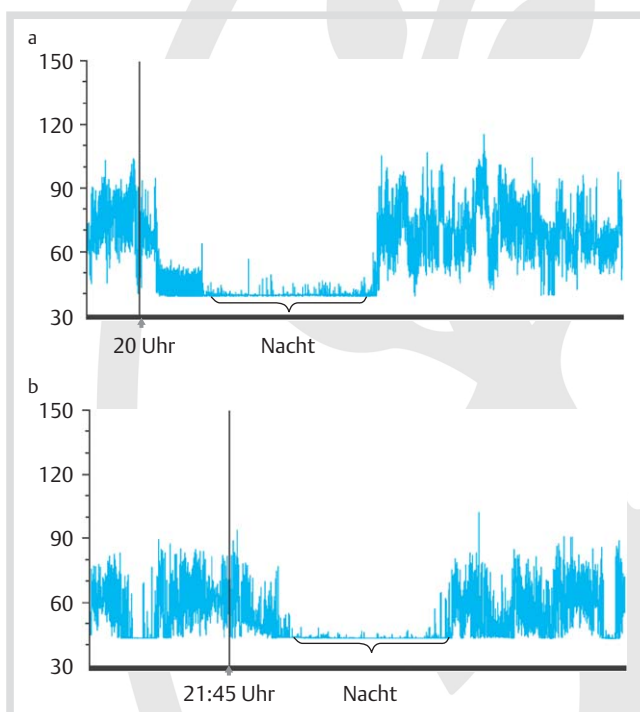
### Deskriptive Ergebnisse

Gemäß den Stichproben lag das mittlere Alter bei den Kindern bei 10 Jahren, bei den Jugendlichen bei 15 Jahren und bei den Erwachsenen bei 42 Jahren. 55% der Kinder gingen noch zur Grundschule. Mehr als 50% der Jugendlichen und der Erwachsenen besuchten ein Gymnasium oder eine Fachoberschule bzw. hatten eine hohe Schulbildung. Von den Erwachsenen waren 56% Vollzeit erwerbstätig, 27,5% gingen einer Teilzeittätigkeit nach (Tab. 1).

Stratifiziert nach Studienort besuchten die jugendlichen Teilnehmer aus München statistisch signifikant häufiger ein Gymnasium oder eine Fachoberschule (67,8% vs. 50,4%;  $p_{\text{Chi}^2} < 0,01$ ). Auch bei den Erwachsenen war der Bildungsstand der Münchner am höchsten (69,5% vs. 47,7%;  $p_{\text{Chi}^2} < 0,001$ ). Weitere deskriptive Unterschiede zwischen den Untersuchungsorten fanden sich nicht.

### Schallpegel

Insgesamt konnten 1 600 (92,2%) Lärmprofile am Tag und 1 585 (91,3%) nächtliche Lärmprofile in die Auswertungen mit einbezogen werden. Für das Gesamtkollektiv lag der mittlere Schallpegel während des Tages bei 76,3 dB(A) (Standardabweichung 6,7 dB(A)), während der Nacht betrug er 43,3 dB(A) (6,8 dB(A)). Bei Stratifizierung nach Altersgruppe ergab sich während des Tages ein statistisch signifikant höherer Schallpegel für die Gruppe der Kinder und Jugendlichen im Vergleich zu den Erwachsenen. Darüber hinaus war der Schallpegel am Tag für Teilnehmer aus München statistisch signifikant niedriger als für Teilnehmer mit Wohnort Ebersberg und Grafing ( $p_{\text{ANOVA}} < 0,001$ ). Weitere Einflussfaktoren auf den Schallpegel am Tag fanden sich in der bivariaten Analyse nicht (Tab. 2).



**Abb. 1** Beispielhafter Verlauf des individuellen Schallpegels in dB(A) über 24 Stunden für ein Kind (oben) und einen Erwachsenen (unten).

**Tab. 1** Alter, Geschlecht und Schultyp der Studienteilnehmer, getrennt nach Altersgruppe.

		KINDER n=628	JUGENDLICHE n=632	ERWACHSENE n=482
		Mittelwert ± Standardabweichung		
<b>Alter</b>	Jahre	10,0 ± 1,2	15,0 ± 1,3	42,4 ± 13,1
<b>Geschlecht</b>	weiblich	300 (47,8%)	312 (49,4%)	260 (53,9%)
<b>Schultyp/Schulbildung</b>	Grundschule	348 (55%)	0	0
	niedrige Schulbildung <sup>1</sup>	113 (18,1%)	303 (48,1%)	216 (45,8%)
	hohe Schulbildung <sup>2</sup>	155 (24,8%)	327 (51,9%)	256 (54,2%)
<b>Erwerbstätigkeit</b>	nicht erwerbstätig <sup>3</sup>	n. a.	596 (94,6%)	76 (16,7%)
	Teilzeit erwerbstätig <sup>4</sup> (<35 h/Woche)	n. a.	34 (5,4%)	125 (27,5%)
	voll erwerbstätig (≥35 h/Woche)	n. a.	n. a.	254 (55,8%)

n. a. = nicht anwendbar

<sup>1</sup>niedrige Schulbildung: Haupt- oder Realschule

<sup>2</sup>hohe Schulbildung: Fachoberschule oder Gymnasium

<sup>3</sup>nicht erwerbstätig: Schüler, Rentner, Hausfrauen, Elternzeit, Arbeitslosigkeit

<sup>4</sup>Teilzeit Erwerbstätigkeit umfasst auch Auszubildende

\*n = Anzahl; % = Prozent



	Mittlerer Schallpegel in dB(A)	
	Während des Tages	Während der Nacht
<b>Altersgruppe</b>	$p_{ANOVA} < 0,001$	$p_{ANOVA} = 0,10$
Kinder (n = 592)	$80,0 \pm 5,8^{***}$	$43,7 \pm 6,9$
Jugendliche (n = 587)	$76,0 \pm 6,2^{***}$	$43,1 \pm 7,2$
Erwachsene (n = 421)	$72,1 \pm 6,1$	$42,8 \pm 6,1$
<b>Teilnehmer aus</b>	$p_{ANOVA} < 0,001$	$p_{ANOVA} = 0,04$
München (n = 387)	$75,0 \pm 7,0$	$44,1 \pm 7,2$
Freising (n = 495)	$75,8 \pm 6,5$	$42,8 \pm 6,7$
Ebersberg (n = 465)	$77,2 \pm 6,2^{***}$	$43,0 \pm 6,7$
Grafring (n = 253)	$77,2 \pm 7,2^{***}$	$43,4 \pm 6,8$
<b>Geschlecht</b>	$p_{ANOVA} = 0,60$	$p_{ANOVA} = 0,05$
Männer (n = 806)	$76,5 \pm 7,1$	$43,6 \pm 7,3$
Frauen (n = 794)	$76,0 \pm 6,2$	$43,0 \pm 6,3$
<b>Schulbildung<sup>1</sup></b>	$p_{ANOVA} = 0,84$	$p_{ANOVA} = 0,09$
niedrig (n = 194)	$72,1 \pm 5,7$	$43,4 \pm 6,4$
hoch (n = 220)	$72,0 \pm 6,3$	$42,3 \pm 5,8$
<b>Erwerbstätigkeit<sup>1</sup></b>	$p_{ANOVA} = 0,34$	$p_{ANOVA} = 0,53$
nicht erwerbstätig (n = 69)	$72,8 \pm 6,8$	$43,3 \pm 6,0$
Teilzeit erwerbstätig (< 35 h/Woche) (n = 81)	$72,4 \pm 5,7$	$43,0 \pm 6,1$
Vollzeit erwerbstätig (≥ 35 h/Woche) (n = 214)	$71,7 \pm 6,1$	$42,5 \pm 6,1$

\*\*\*  $p_{Scheffe} < 0,001$ ; Vergleichskategorie: Erwachsene

\*\*  $p_{Scheffe} < 0,001$ ; Vergleichskategorie: München

<sup>1</sup>nur Erwachsene

**Tab. 2** Mittlerer Schallpegel stratifiziert nach Altersgruppe, Untersuchungsort und Geschlecht.

Die Schallpegel über die nächtliche Ruhephase unterschieden sich hingegen kaum zwischen den Altersgruppen ( $p_{ANOVA} = 0,10$ ). In der Nacht war der Schallpegel für Teilnehmer aus München höher als in den anderen Untersuchungsorten ( $p_{ANOVA} = 0,04$ ). Zudem war der mittlere Schallpegel bei bivariater Betrachtung für die Männertendenz höher ( $43,6 \text{ dB(A)} \pm 7,3$ ) als bei Frauen ( $43,0 \text{ dB(A)} \pm 6,3$ ;  $p_{ANOVA} = 0,05$ ). Bildungsstand und Erwerbstätigkeit waren nicht statistisch signifikant mit dem mittleren nächtlichen Schallpegel assoziiert (• **Tab. 2**).

In den multiplen linearen Regressionsmodellen wurden Alter, Geschlecht und Untersuchungsort für das Gesamtkollektiv als Prädiktoren aufgenommen. Für den mittleren Schallpegel am Tag bestätigte sich die Altersgruppe als stärkster Einflussfaktor ( $p < 0,001$ ). Hierbei lag der Schallpegel am Tag in der Gruppe der Kinder im Mittel um  $7,44 \text{ dB(A)}$  höher als in der Gruppe der Erwachsenen, bei den Jugendlichen waren es  $3,81 \text{ dB(A)}$ . Der mittlere Schallpegel am Tag lag unter Berücksichtigung von Alter und Geschlecht für Teilnehmer aus Ebersberg und Grafring um  $1,95$  bzw.  $2,43 \text{ dB(A)}$  über dem Schallpegel der Münchner Teilnehmer, für die Teilnehmer aus Freising betrug die mittlere Differenz im Mittel  $0,84 \text{ dB(A)}$  ( $p = 0,04$ ) (• **Tab. 3**).

Die übrigen multiplen linearen Regressionsmodelle konnten die Streuung der mittleren Schallpegel nur sehr begrenzt erklären. In der Nacht zeigte sich für die Kinder ein schwach statistisch signifikant im Vergleich zu den Erwachsenen erhöhter Schallpegel ( $+0,87 \text{ dB(A)}$ ,  $p = 0,05$ ). Der Schallpegel in Freising und Ebersberg lag in der Nacht im Mittel  $1,29$  bzw.  $1,07 \text{ dB(A)}$  niedriger als in München.

Die multiplen linearen Modelle für die Jugendlichen bestätigten für den Tag die Ergebnisse für das Gesamtkollektiv, der Bildungsstand war nicht mit dem Lärmpegel assoziiert. In der Gruppe der Erwachsenen zeigten für den Tag einen höheren mittleren Schallpegel für Teilnehmer aus Grafring im Vergleich zu München (Regressionskoeffizient ( $B$ ) =  $3,08 \text{ dB(A)}$ ). Der mittlere Schallpegel für Frauen lag am Tag um  $1,93 \text{ dB(A)}$  über dem der Männer ( $p = 0,003$ ). Das multiple lineare Modell für den nächtlichen

Schallpegel war weder für die Jugendlichen noch für die Erwachsenen statistisch signifikant.

## Diskussion

Die Ergebnisse dieser Untersuchung deuten auf eine hohe summativ Lärmbelastung in Bayern hin. Betroffen von hohen Schallpegeln am Tag scheinen insbesondere Kinder. In der Nacht fanden sich für Teilnehmer aus der Großstadt München höhere mittlere Schallpegel als in den kleineren Städten im Umland. Dieser Befund konnte im multiplen Modell bestätigt werden. Bislang liegt nur eine weitere epidemiologische Studie vor, in der die mittlere Lärmexposition mittels Lärmdosimetern integrativ betrachtet wurde [22]. Diese US-amerikanische Studie schloss Bauarbeiter mit beruflicher Lärmexposition ein. Hierbei ergab sich an arbeitsfreien Tagen ein mit unseren Ergebnissen bei Erwachsenen ( $72 \text{ dB(A)}$ ) vergleichbarer Schallpegel von  $73 \text{ dB(A)}$ . In der Nacht wurden in der US-amerikanischen Untersuchung allerdings deutlich höhere Schallpegel gemessen als in unserer Studie ( $48,8 \text{ dB(A)}$  in [22] vs.  $43,3 \text{ dB(A)}$  in unserer Studie).

Es waren für alle Altersgruppen deutliche Tag-Nacht-Unterschiede im Schallpegel festzustellen. Solche Unterschiede sind zu erwarten und wurden auch in früheren Studien wie dem Spandauer Gesundheitssurvey festgestellt [9,23,24].

Die Ursache für den hohen Schallpegel am Tag bei den Kindern ist möglicherweise vor allem selbst verursachter Lärm, unter anderem auch während der Schulstunden. Beispielsweise wurden in einer Studie von Schönwälder et al. in Schulen in Bremen und Nordrhein-Westfalen während des Unterrichts durchschnittliche Schallpegel zwischen  $60$  und  $85 \text{ dB(A)}$  gemessen [25]. In einer anderen Studie an Grundschulen lag der Mittelungspegel zwischen  $70$  und  $77 \text{ dB(A)}$  mit Spitzenschallpegeln von bis zu  $100 \text{ dB(A)}$  während des Sportunterrichts [26]. In der Gruppe der Jugendlichen ist vor allem auch Freizeitlärm als Quelle denkbar.

**Tab. 3** Ergebnisse der multiplen linearen Regressionsmodelle für den mittleren Schallpegel am Tag und in der Nacht. Der obere Teil zeigt die Endmodelle für das Gesamtkollektiv, der untere Teil die Ergebnisse für die Gruppe der Jugendlichen und Erwachsenen.

	Mittlerer Schallpegel in dB(A)			
	Am Tag		In der Nacht	
	Regressions-koeffizient (B)	p-Wert	Regressions-koeffizient (B)	p-Wert
<b>Gesamtkollektiv (N = 1600)</b>	<b>R<sup>2</sup> = 0,210</b>		<b>R<sup>2</sup> = 0,011</b>	
<b>Altersgruppe:</b> Kinder	7,438	<0,001	0,871	0,048
Jugendliche	3,812	<0,001	0,218	0,62
Erwachsene		Referenzkategorie		Referenzkategorie
<b>Teilnehmer aus</b> München		Referenzkategorie		Referenzkategorie
Freising	0,843	0,038	-1,285	0,006
Ebersberg	1,954	<0,001	-1,071	0,023
Grafring	2,426	<0,001	-0,665	0,23
Geschlecht (Referenzkategorie: Männer)	-0,157	0,60	-0,663	0,054
<b>Jugendliche (N = 553)</b>	<b>R<sup>2</sup> = 0,048</b>		<b>R<sup>2</sup> = 0,083<sup>#</sup></b>	
<b>Teilnehmer aus</b> München		Referenzkategorie		Referenzkategorie
Freising	1,443	0,039	-0,128	0,88
Ebersberg	2,707	<0,001	-1,048	0,21
Grafring	3,690	<0,001	-0,074	0,94
Geschlecht (Referenzkategorie: Männer)	-0,695	0,17	-0,471	0,45
Schulbildung (Referenzkategorie: niedrig)	-0,141	0,79	0,633	0,31
<b>Erwachsene (N = 390)</b>	<b>R<sup>2</sup> = 0,052</b>		<b>R<sup>2</sup> = 0,012<sup>#</sup></b>	
<b>Teilnehmer aus</b> München		Referenzkategorie		Referenzkategorie
Freising	1,289	0,116	0,679	0,42
Ebersberg	1,133	0,213	0,450	0,63
Grafring	3,076	0,001	1,046	0,28
Geschlecht (Referenzkategorie: Männer)	1,932	0,003	0,324	0,62
Schulbildung (Referenzkategorie: niedrig)	-0,115	0,86	-0,777	0,23
<b>Erwerbstätigkeit</b> nicht erwerbstätig		Referenzkategorie		Referenzkategorie
<35 h/Woche	-0,545	0,56	-0,143	0,88
≥35 h/Woche	-0,416	0,62	-0,602	0,49

<sup>#</sup> Gesamtmodell nicht statistisch signifikant ( $p_{ANOVA} = 0,58$ )

<sup>##</sup> Gesamtmodell nicht statistisch signifikant ( $p_{ANOVA} = 0,72$ )

Während der Nachtstunden ergab sich für die Kinder ebenfalls ein leicht erhöhter mittlerer Schallpegel im Vergleich zu den Erwachsenen. Als Ursache ist denkbar, dass Kinder häufig früher zu Bett gehen als ihre Familien und daher der häusliche Schallpegel gerade zu Beginn der Nacht bei ihnen noch höher ist als z.B. während der Schlafenszeit der Eltern.

Des Weiteren zeigten sich statistisch signifikante Unterschiede im Schallpegel zwischen den Teilnehmern aus den 4 Untersuchungsorten. Erwartungsgemäß waren die nächtlichen Schallpegel für Teilnehmer aus München höher als für Teilnehmer aus den 3 kleineren Städten, vor allem als in Ebersberg und Freising. Dass die nächtlichen Schallpegel für Teilnehmer aus der Flughafen nahen Stadt Freising nicht erhöht waren, lässt sich vermutlich vor allem mit dem Nachtflugverbot am Franz-Josef-Strauß Flughafen erklären.

Der Schallpegel am Tag war für die Teilnehmer aus Ebersberg und Grafring am höchsten. Denkbare Ursachen sind z.B. längere Aufenthaltszeiten der Probanden aus den kleineren Städten im Straßen- und Schienenverkehr, da viele Berufstätige aus Grafring und Ebersberg zur Arbeit nach München pendeln. Dies wird auch durch die o.g. Studie aus den USA [22] bestätigt, in der die höchsten mittleren Schallpegel im Straßenverkehr gemessen wurden (78 dB(A)). Das Bundes-Immissionsschutzgesetz gibt „Immissionsrichtwerte für Immissionsorte außerhalb von Gebäuden“ vor: die Immissionsrichtwerte sind in allgemeinen Wohngebieten tags 55 dB(A), nachts 40 dB(A) und in ländlichen Gebieten tags 60 dB(A) und nachts 45 dB(A). Es ist evident, dass die gemessenen Werte die Immissionsrichtwerte überschreiten

[27]. Allerdings ist zu berücksichtigen, dass die Probanden sich nicht ausschließlich in Wohngebieten aufhielten.

Eine Stärke dieser Studie ist die individuelle 24-Stunden-Messung mittels Personendosimetrie. Auf diese Weise konnte die Lärmexposition der Studienteilnehmer objektiv ermittelt werden. Als weitere Stärke kann die Unterscheidung von Tag- und Nachtphasen angesehen werden.

Ein Nachteil der vorliegenden Studie ist, dass die Messungen der individuellen Exposition über 24 Stunden möglicherweise nicht repräsentativ für die Exposition über einen längeren Zeitraum sind. Ein weiteres Problem ist, dass die Teilnahmebereitschaft gerade bei den Erwachsenen relativ gering war. Vor allem Personen, die sich durch Umgebungslärm belästigt fühlten, nahmen an der Untersuchung teil. Da die Teilnehmer den tatsächlichen Schallpegel aber nicht kannten, ist nicht von einem Selektionsbias auszugehen.

Außerdem muss berücksichtigt werden, dass das Messgerät nicht zwischen verschiedenen Lärmquellen unterscheiden kann. Somit war eine Unterscheidung zwischen selbst gesuchtem Lärm (z.B. Diskotheken, Konzerte) und Umweltlärm (z.B. Straßen- und Fluglärm) nicht möglich. Allerdings ist nicht klar, ob sich die physiologische Wirkung von positivem und negativem Lärm unterscheidet [28, 29].

Bei der Interpretation der multiplen linearen Regressionsmodelle sollte berücksichtigt werden, dass das R<sup>2</sup> für alle Modelle außer dem Gesamtmodell am Tag unter 0,10 lag, somit also durch die im Modell berücksichtigten Faktoren weniger als 10% der Varianz des mittleren Schallpegels erklärt werden

konnte. Hingegen konnte fast ein Viertel der Varianz (21%) der mittleren Schallpegel am Tag für das Gesamtkollektiv durch die berücksichtigten Parameter Altersgruppe, Untersuchungsort und Geschlecht erklärt werden.

## Schlussfolgerung

Zusammenfassend zeigt die vorliegende Untersuchung hohe mittlere Schallpegel insbesondere am Tag für Teilnehmer aus bayerischen Städten. Nach aktuellen Befunden können diese Schallpegel bei langfristiger Exposition negative Effekte auf die Gesundheit haben. Der nächtliche Schallpegel lag für Teilnehmer aus der Großstadt München am höchsten, jedoch war der Schallpegel am Tag für Teilnehmer aus Ebersberg und Grafing statistisch signifikant gegenüber den Münchner Teilnehmern erhöht. Der Aufenthalt der Teilnehmer im Straßen- und Schienenverkehr ist hierfür eine denkbare Ursache. Diese Lärmquelle wurde bislang in Studien nur wenig berücksichtigt.

## Ethikvotum

Ethische und rechtliche Anforderungen stimmen mit den ethischen Standards der Deklaration von Helsinki über ein; das positive Votum der Ethikkommission der Medizinischen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München vom 28.10.2004 zur Durchführung der Studie lag vor.

## Danksagung

Die Autoren danken allen Teilnehmern, die an dieser Untersuchung mitgewirkt haben. Die Studie wurde durch das Bayerische Ministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz finanziell unterstützt. Ganz besonderer Dank gilt Dr. Hedwig Spiegel, sowie Dr. Nicole Meyer und allen weiteren Mitarbeitern für die Feldarbeit. Den Bürgermeistern der beteiligten Gemeinden danken wir für die Unterstützung. Ein herzliches Dankeschön auch an Susanne Brilmayer für die sprachlichen Korrekturen.

**Interessenkonflikt:** Die Autoren haben keine Interessenkonflikte.

## Literatur

- 1 Ortschied J. Auswertung der online-Umfrage des Umweltbundesamtes. Umweltbundesamt, 2002
- 2 Grunenberg H, Kuckartz U. Ergebnisse der UBA-Studie „Umweltbewusstsein in Deutschland 2002“. Opladen: Leske und Budrich 2003
- 3 Babisch W. Kinder-Umwelt-Survey (KUS) 2003/06 Lärm. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau/Bad Elster/Berlin 2009
- 4 Schallpegel in Diskotheken und bei Musikgroßveranstaltungen, gesundheitliche Aspekte. Umweltbundesamt, 2000
- 5 Greiser E, Greiser C. Risikofaktor nächtlicher Fluglärm. Umweltbundesamt, 2010
- 6 Haralabidis AS, Dimakopoulou K, Velonaki V et al. Can exposure to noise affect the 24 h blood pressure profile? Results from the HYENA study. *Journal of Epidemiology and Community Health* 2010
- 7 Heyse H. Lärmende Schule? Projekt Lehrerergesundheit 2003
- 8 Babisch W, Bohn B. Schallpegel in Diskotheken und bei Musikveranstaltungen Teil II: Studie zu den Musikhörgewohnheiten von Obereschülern Teil III: Studie zur Akzeptanz von Schallpegelbegrenzungen in Diskotheken. Umweltbundesamt, Marie-Curie-Oberschule, Berlin 2000
- 9 Babisch W. Lärmwirkungen bei Kindern und Erwachsenen, in Fortbildungsveranstaltung für den Öffentlichen Gesundheitsdienst. Berlin 2003
- 10 Stansfeld S, Haines M, Brown B. Noise and health in the urban environment. *Reviews on Environmental Health* 2000; 15 (1/2): 43–82
- 11 Stansfeld S, Haines M, Burr M et al. A Review of Environmental Noise and Mental Health. *Noise Health* 2000; 2 (8): 1–8
- 12 Reichart U. Lärmindernde Fahrplanbeläge. Ein Überblick über den Stand der Technik. Umweltbundesamt, 2009
- 13 Babisch W. Epidemiological studies on cardiovascular effects of traffic noise. In: Prasher D., Luxon L. (eds.). *Advances in noise research Volume 1: Biological effects of noise*. Whurr Publishers Ltd, 1998; 312–327
- 14 Zaharna M, Guilleminault C. Sleep, noise and health: review. *Noise & Health* 2010; 12: 64–69
- 15 Babisch W. Gesundheitliche Wirkungen von Umweltlärm. Ein Beitrag zur Standortbestimmung. *Zeitschrift für Lärmbekämpfung* 2000; 95–102
- 16 Babisch W. Risikobewertung in der Lärmwirkungsforschung. Zum Risiko für Herz-Kreislauf-Erkrankungen durch chronischen Lärmstress. *Umweltmed* 2001
- 17 Babisch W. Die NaRoMI-Studie. Auswertung, Bewertung und vertiefende Analysen zum Verkehrslärm. Umweltbundesamt, 2004
- 18 Babisch W, Kamp I. Exposure-response relationship of the association between aircraft noise and the risk of hypertension. *Noise & Health* 2009; 11 (44): 161–168
- 19 Maschke C, Hecht K. Fluglärm und Gesundheitsbeeinträchtigungen. Umweltprobleme des Flugverkehrs. (ed.). Koch HJ. Baden-Baden: Nomos. 2003; 21–43
- 20 Maschke C, Wolf U, Leitmann T. Epidemiologische Untersuchungen zum Einfluss von Lärmstress auf das Immunsystem und die Entstehung von Arteriosklerose. In: Forschungsbericht 29862515. Umweltbundesamt, 2003
- 21 Richtlinie 2002/49/EG des europäischen Parlaments und des Rates vom 25. Juni 2002 über die Bewertung und Bekämpfung von Umgebungslärm. 2002
- 22 Neitzel R, Seixas N, Olson J et al. Nonoccupational noise: exposure associated with routine activities. *Journal of the Acoustical Society of America* 2004; 63 (9): 632–639
- 23 Niehmann H, Bonnefoy X, Braubach M et al. Noise-induced annoyance and morbidity results from the pan-European LARES study. *Noise & Health* 2006
- 24 World Health Organization Europe. Night noise guidelines for Europe
- 25 Schönwälder H.-G, Berndt J, Ströver F et al. Lärm in Bildungsstätten – Ursachen und Minderung. Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin 2004
- 26 Klatte M, Meis M, Nocke C et al. Akustik in Schulen: Könnt ihr denn nicht zuhören?! *Psychoakustik* 2002
- 27 Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz. Umweltbundesamt 1998
- 28 Job RFS. Community response to noise: A review of factors influencing the relation between noise exposure and reaction. *Journal of Acoustical Society of America* 1988; 83: 991–1001
- 29 Dockrell JE, Schield B. Children's perceptions of their acoustic environment at school and at home. *Journal of the Acoustical Society of America* 2004; 115 (6): 2964–2973



**Testing Skype as an interview method in epidemiologic research: Response and feasibility.**

Weinmann T, Thomas S, Brilmayer S, Heinrich S, Radon K.

Int J Public Health. 2012 Dec;57(6):959-61. doi: 10.1007/s00038-012-0404-7. Epub 2012 Sep 4.



*Type of Manuscript:*

**Hints & Kinks**

*Manuscript Title:*

**Testing Skype as an interview method in epidemiologic research: response and feasibility.**

*Corresponding Author:*

**Tobias Weinmann**

Occupational and Environmental Epidemiology & NetTeaching Unit

Institute and Outpatient Clinic for Occupational, Social and Environmental Medicine

University Hospital of Munich (LMU)

Munich, Germany

Phone: +49-89-5160-2483

Fax: +49-89-5160-4954

E-Mail: [tobias.weinmann@med.lmu.de](mailto:tobias.weinmann@med.lmu.de)

*Co-Authors:*

**Silke Thomas**

Medical advisory service of social health insurance

Essen, Germany

**Susanne Brilmayer**

Occupational and Environmental Epidemiology & NetTeaching Unit

Institute and Outpatient Clinic for Occupational, Social and Environmental Medicine

University Hospital of Munich (LMU)

Munich, Germany

**Sabine Heinrich**

Occupational and Environmental Epidemiology & NetTeaching Unit

Institute and Outpatient Clinic for Occupational, Social and Environmental Medicine

University Hospital of Munich (LMU)

Munich, Germany

**Katja Radon**

Occupational and Environmental Epidemiology & NetTeaching Unit

Institute and Outpatient Clinic for Occupational, Social and Environmental Medicine

University Hospital Munich (LMU)

Munich, Germany

## **Introduction**

Since many years, phone interviews constitute an attractive means for health surveys because of their comparatively low costs and easy administration (Donovan et al. 1997). However, due to the fast development of technological knowledge new technologies, e.g. the Internet, are challenging traditional methods such as phone interviews (Bexelius 2009, Ekman and Litton 2007). One of these new instruments is videoconferencing; it has the potential to be a viable, cost-effective alternative to in-person interviews, mainly because it provides the possibility of covering study subjects in large geographical areas (Sedgwick and Spears 2009). Skype is the most popular videoconferencing tool (De Cicco et al. 2011) and is used not only for private but also for business-related communication (Skype fast facts 2011). Thus it appears to be obvious that Skype can be an interesting tool for health-related purposes, especially as it has several advantages compared to phone interviews. Through the video mode, the interviewer and the interviewee can see each other, photos or pictures can be shown to illustrate questions, and the contact is of a more personal manner than by phone.

Although videoconferencing has been used in a wide range of health-related areas such as health care teaching or medical diagnostics (Sedgwick and Spears 2009), Skype has to our knowledge so far not been used as an interview method in epidemiological studies. Therefore, we conducted a pilot-study to examine the feasibility of using Skype as an interview method in Germany. Especially, we aimed to examine if interviews via Skype are an equivalent or an even more feasible interview method than phone interviews in the German branch of the MOBI-KIDS international case-control study on potential risk factors for brain tumours among the young ([www.mbkds.com](http://www.mbkds.com)) as for logistic reasons it will not be possible to interview each participant personally. Finding the most viable substitute for in-person interviews is therefore essential to guarantee high-quality data-collection. Differences in response and length of the interviews between the two interview methods were assessed.

## **Methods**

The present study was carried out as a population-based cross-sectional study in Landsberg, southern Germany (28,000 inhabitants). Landsberg was selected as example for an average-sized German town. Data collection was conducted between May and September 2011.

A total of 300 young people between 18 and 24 years of age were randomly selected from the town's population registry. They were a-priori randomly selected into the phone interview group (n=150) or the Skype interview group (n=150). The phone interview group was invited to take part in a phone interview while the Skype group was asked for a Skype interview. The latter group also had the chance to opt for a phone interview if they did not have access to Skype. Both groups were contacted by a postal invitation letter explaining the aim of the pilot study (finding the most viable interview method for the MOBI-KIDS study) and offering small monetary incentives for participation. Up to two reminders were sent to non-respondents and up to five attempts were made to contact them by phone if the phone number could be tracked.

The German translation of the common questionnaire developed by the MOBI-KIDS study consortium ([www.mbkds.com](http://www.mbkds.com)) was used in the interviews.

In order to compare the techniques in terms of response, 95% confidence intervals were calculated. Statistical analysis was performed with SPSS 19.

## **Results**

15 subjects could not be traced leaving a study population of 285 young adults (144 Skype group, 141 phone group). Overall, 54 subjects agreed to participate (response 19%). 29 subjects (54%) were female, mean age was 21.0 years (SD= 2.0).

Among the subjects who were asked for their participation in a Skype interview, 23 (16%) agreed to take part. However, eight of them did not have Skype installed on their computer and had to be interviewed via phone. Thus, only 15 subjects participated in a Skype interview. Of the subjects invited to a phone interview, 31 agreed to participate. As a result, net response was clearly lower among Skype candidates, with 10% (95% CI 5% to 15%) in the Skype group and 22% (15% to 28%) in the phone group

All Skype interviews could be conducted without any technical problems.

The median duration of the Skype interviews was 34.0 minutes (range 31–68 min); for phone interviews median duration was comparable (median 37.0 minutes; range 26–117 min).

## **Conclusion**

Our study shows that phone interviews are still more feasible than Skype interviews in epidemiologic research in Germany.

Even though we used mixed methods to increase response (reminders, incentives, hand written envelopes) as it is recommended in the literature (Edwards et al. 2009), the response in our study population was extremely low. This confirms that young adults constitute an age group that is extremely difficult to reach (Davies et al. 2000; Ramo et al. 2010; Heinrich et al.

2011). In addition, our findings seem to reflect the general difficulties that population-based epidemiologic studies encounter nowadays as people's willingness to take part in surveys is constantly decreasing (Galea and Tracy 2007). Alternative recruitment strategies to sending postal invitation letters should be considered. Contacting potential study subjects online, e.g. via social networks, or using web-based questionnaires might be worthwhile options in the future (Rhodes et al. 2003; Touvier et al. 2010; Jones et al. 2011; Russell et al. 2011; Vergnaud et al. 2011).

Although the informative value of the present study is hampered by the low general response, response in the group invited to a Skype interview was even worse compared to the phone interview group. Furthermore, about a third of the Skype candidates who agreed to participate needed being interviewed via phone. These aspects imply that Skype is not yet feasible as an interview technique for epidemiologic research in Germany. In the future, with fast Internet connections expected to continuously spread, Skype could nevertheless become an interesting tool for communication with study subjects. For as long as it is still too early to use Skype as an interview technique, phone interviews continue to be the more viable option as a substitute to in-person interviews.



**Ethical standards:**

The study complies with the current laws of the country in which it was performed.

**Competing interests:**

The authors declare that they have no conflict of interest.

**Acknowledgments:**

The authors are very grateful to all our MOBI-KIDS partners, especially to Elisabeth Cardis, Siegal Sadetzki, Revital Bruchim, Chelsea Eastman, Laurel Kincl, Martine Vrijheid, Sandra Pla, Maria Saarela, Michael Kundi, Hans Kromhout, Roel Vermeulen, Franco Merletti, Milena Maule, Malcolm Sim, Joe Wiart, and Myron Maslanyi for their dedication to the finalisation of the study questionnaire. We also express our appreciation to Verena Eichel for her commitment to the planning of the pilot study and we thank Carolina Bürger, Carina Dehner, Sebastian Haneder, and Alicja Rogalinska for their support in the fieldwork. Many thanks are also given to Barbara Hartmann for her linguistic advice.

The MOBI-KIDS study is funded by the European Community's Seventh Framework Programme (FP7/2007-2013) under Grant Agreement 226873- the MOBI-KIDS Project.

## References

Bexelius C, Merk H, Sandin S et al (2009). SMS versus telephone interviews for epidemiological data collection: feasibility study estimating influenza vaccination coverage in the Swedish population. *Eur J Epidemiol.* 24(2):73-81.

Couper MP (2007) Issues of representation in eHealth research (with a focus on web surveys). *Am J Prev Med* 32(5 Suppl):S83-9.

Curtin S, Mintz TH, Christiansen MH (2005) Stress changes the representational landscape: evidence from word segmentation. *Cognition* 96(3):233-62.

Davies J, McCrae BP, Frank J et al (2000) Identifying male college students' perceived health needs, barriers to seeking help, and recommendations to help men adopt healthier lifestyles. *J Am Coll Health* 48(6):259-67.

De Cicco L, Mascolo S, Palmisano V (2011) Skype Video congestion control: An experimental investigation. *Computer Networks* 55: 558–571.

Donovan RJ, Holman CD, Corti B, Jalleh G (1997) Face-to-face household interviews versus telephone interviews for health surveys. *Aust N Z J Public Health* 21(2):134-40.

Edwards PJ, Roberts I, Clarke MJ et al (2009) Methods to increase response to postal and electronic questionnaires. *Cochrane Database Syst Rev* 3:MR000008.

Ekman A, Litton JE (2007). New times, new needs; e-epidemiology. *Eur J Epidemiol* 22(5): 285-92.

Galea S and Tracy M (2007) Participation rates in epidemiologic studies. *Ann Epidemiol* 17(9):643-53.

Jones L, Saksvig BI, Grieser M et al (2011) Recruiting adolescent girls into a follow-up study: Benefits of using a social networking website. *Contemp Clin Trials* 33(2):268-72.

Heinrich S, Peters A, Kellberger J et al (2011) Study on occupational allergy risks (SOLAR II) in Germany: design and methods. *BMC Public Health* 11:298.

Ramo DE, Hall SM, Prochaska JJ (2003) Reaching young adult smokers through the internet: comparison of three recruitment mechanisms. *Nicotine Tob Res* 12(7):768-75.

Rhodes SD, Bowie DA, Hergenrather KC (2003) Collecting behavioural data using the world wide web: considerations for researchers. *J Epidemiol Community Health* 57(1):68-73.

Russell CW, Boggs DA, Palmer JR et al (2011) Use of a web-based questionnaire in the Black Women's Health Study. *Am J Epidemiol* 172(11):1286-91.

Sedgwick M and Spiers J (2009) The use of videoconferencing as a medium for the qualitative interview. *Int J Qual Meth* 8(1): 1-11.

Skype fast facts February 2011.

<http://www.virtualpressoffice.com/JPCContentAccessServlet?fileContentId=1000000016216&source=sd&showId=950>. Accessed 10 July 2012

Touvier M, Mejean C, Kesse-Guyot E et al (2010) Comparison between web-based and paper versions of a self-administered anthropometric questionnaire. *Eur J Epidemiol* 25(5):287-96.

Vergnaud AC, Touvier M, Mejean C et al (2011) Agreement between web-based and paper versions of a socio-demographic questionnaire in the NutriNet-Sante study. *Int J Public Health* 56(4):407-17.

## **Danksagung**

Ich bedanke mich sehr herzlich bei Frau Prof. Dr. Katja Radon für die Überlassung des Themas, für die ausgezeichnete Betreuung und Unterstützung meiner Dissertation, für die Förderung meiner wissenschaftlichen Tätigkeit sowie für die Möglichkeit, in der Arbeitsgruppe Arbeits- und Umweltepidemiologie & NetTeaching tätig sein zu können.

Mein Dank gilt weiterhin Prof. Dr. Dennis Nowak für die hervorragenden Arbeitsbedingungen und das freundliche und produktive Umfeld am Institut für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin des Klinikums der LMU München.

Bedanken möchte ich mich auch bei meinen Kolleginnen und Kollegen in der Arbeitsgruppe, bei den Ko-Autoren der vorliegenden Publikationen sowie allen, die zur Planung, Durchführung und Auswertung der hier beschriebenen Studien beigetragen haben.

Von ganzem Herzen danke ich Romy, die immer an meiner Seite steht und uneingeschränkt für mich da ist.

Ganz besonders danke ich meinen Eltern, die mich in meiner Ausbildung und darüber hinaus immer bedingungslos unterstützen.